

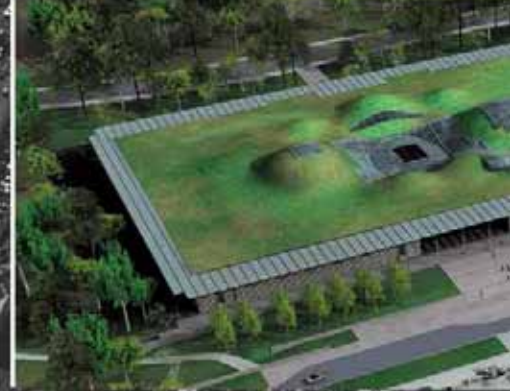


**World Green Roof Congress**

**Welt Gründach-Kongress**

**15th-16th September 2005  
Basel, Switzerland**

**Conference Transcript  
Tagungsband**



**[H<sup>S</sup>W] •**  
HOCHSCHULE WÄDENSWIL

GEWISSE VERBODENDE VERBODENDE VERBODENDE  
ASSOCIATION OF THE SPECIALISTS OF THE SPECIALISTS



## Organisers / Veranstalter



University of Applied Sciences Wädenswil  
Grüntal, Postfach 335  
CH- 8820 Wädenswil, Switzerland

Tel +41 (0)44 789 99 00  
Fax +41 (0)44 789 99 50  
office@hsw.ch / www.hsw.ch



Schweizerische Fachvereinigung  
Gebäudebegrünung SFG  
Seestrasse 49a  
CH- 3604 Thun, Switzerland

Tel +41 (0)33 223 37 57  
Fax +41 (0)33 335 76 55  
info@sfg-gruen.ch  
www.sfg-gruen.ch



International Green Roof Association IGRA  
Am Posseberg 8  
D- 13127 Berlin, Germany

Tel +49 (0)30 47 47 67 -89  
Fax +49 (0)30 47 47 67 -93  
info@igra-world.com  
www.igra-world.com



Green Roofs for Healthy Cities  
177 Danforth Ave., Suite 304  
Toronto Ontario, Canada  
M4K 1N2

Tel +1 416 971 4494  
Fax +1 416 971 9844  
www.greenroofs.org



Geographisches Institut Universität Basel  
Klingelbergstrasse 27  
CH- 4056 Basel, Switzerland

Tel +41 (0)267 36 45  
Fax +41 (0)267 07 40  
www.physiogeo.unibas.ch

## Partner



Livingroofs.org  
Dusty Gedge  
7, Dartmouth grove  
SE 10 8AR  
London, UK

www.livingroofs.org



Europäische Föderation der  
Bauwerksbegrünungsverbände EFB  
Esterhazygasse 9a/12  
A- 1060 Wien, Austria

Tel +43 (0)1 966 84 68  
Fax +43 (0)1 966 84 68  
office@efb-bauwerksbegruenung.com  
www.efb-bauwerksbegruenung.com



Verband Schweizerischer Gärtnermeister VSG  
Forchstrasse 287, Postfach 432  
CH- 8029 Zürich, Switzerland

Tel +41 (0)44 388 53 53  
Fax +41 (0)44 388 53 40  
info@gplus.ch / www.gplus.ch



Scandinavian Green Roof Institute  
Green Roof Center  
Ystadvägen 56  
SE- 21445 Malmö, Sweden

Tel +46 40 94 85 20  
info@greenroof.se  
www.greenroof.se



Stiftung Natur & Wirtschaft  
Sälihalde 21  
CH- 6005 Luzern, Switzerland

Tel +41 (0)41 249 40 00  
Fax +41 (0)41 249 40 01  
naturpark@naturundwirtschaft.ch



FLL Forschungsgesellschaft  
Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.  
Colmantstrasse 32  
D- 53115 Bonn, Germany

Tel +49 (0)228 690028  
Fax +49 (0)228 690029  
info@fll.de  
www.fll.de



My Climate  
Postfach 624  
CH- 8027 Zürich, Switzerland

Tel +41 (0)1 281 22 20  
Fax +41 (0)1 281 22 44  
www.myclimate.org

# **Welcome** ***Willkommen***

**World Green Roof Congress**  
**15<sup>th</sup> – 16<sup>th</sup> September 2005**  
**Basel-Switzerland**



## **Organising Committee** ***Organisationskomitee***

Stephan Brenneisen  
University of Applied Sciences Wädenswil, Switzerland

Wolfgang Ansel  
International Green Roof Association IGRA

Erich Steiner  
Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung SFG, Switzerland

## **Conference transcript and administration** ***Tagungsband und Administration***

Christine Thüring  
Nathalie Baumann  
Erika Gutknecht  
Barbara Rohrer

University of Applied Sciences Wädenswil, Switzerland

**Moritz Leuenberger**  
**Federal Councilor of Switzerland**  
***Bundesrat***



Dear green roofers,

Earlier it was jeered that only two types of flat roof exist: Those which are still leakproof (but not for long), and those which already leak. These voices have since fallen silent, as an older perception has begun to prevail: Everything good comes from above. Green roofs cool buildings, abate urban heat, filter and bind dust from the air, and invite plants and animals back into the city.

Already in ancient times, Babylon had the “Hanging Gardens” of Queen Semiramis, and in Scandinavia the Vikings and their descendents lived under grass roofs. Since then, a substantial amount of the pioneering work on modern rooftop greening was achieved here, in Switzerland. Today, after years of experience, research and improved techniques, green roofs remain leakproof for longer than ungreened roofs. At the same time, they replace the green surfaces that are disturbed by building construction. In Basel today, every fifth flat roof is green, and the City Canton wants to expand this surface further. In this way, the encroachments on landscape and water balance can at least be partially mitigated.

Basel is allowing nature to return to the City – although this doesn’t necessarily mean lynx, wolves and bears. I look forward to the birds, insects and plants that will come to Basel, just as I welcome the specialists who have traveled from all over the world to animate the City of Basel during this World Green Roof Congress.

Moritz Leuenberger  
Federal Councilor of Switzerland

Liebe Dachbegrünerinnen und Dachbegrüner

Früher spottete man, es gebe nur zwei Arten von Flachdächern: Diejenigen, welche undicht seien, und diejenigen, welche noch nicht undicht seien. Diese Stimmen verstummen, eine viel ältere Erkenntnis beginnt sich durchzusetzen: Alles Gute kommt von oben. Begrünte Dächer kühlen Gebäude, dämpfen die Hitze in den Städten, entstauben die Luft und holen Pflanzen und Tiere in die Stadt zurück.

Schon im antiken Babylon gab es die Hängenden Gärten der Semiramis, in Skandinavien die Grasdächer der alten Wikinger und ihrer Nachkommen, aber ein wesentlicher Teil der Pionierarbeit auf dem Gebiet moderner Dachbegrünungen wurde in der Schweiz geleistet. Durch Erfahrung, Forschung und verbesserte Technik werden heute Dächer begrünt, die sogar länger dicht halten als unbegrünte. Gleichzeitig ersetzen sie die Grünflächen, die man mit dem Bau der Gebäude zerstört. In Basel ist heute jedes fünfte Flachdach begrünt, und der Stadtkanton will diese Fläche weiter vergrössern. So können die Eingriffe in den Landschaftshaushalt und in die Stoff- und Wasserkreisläufe zumindest teilweise behoben werden.

Basel lässt die Natur in die Stadt zurückkehren– es müssen ja nicht gerade Luchse, Wölfe und Bären sein. Ich freue mich auf die neuen Vögel, Insekten und Pflanzen in Basel und ebenso herzlich begrüße ich die Fachleute aus aller Welt, die am Welt Gründach-Kongress die Stadt Basel beleben helfen.

Moritz Leuenberger  
Bundesrat

## **Barbara Schneider**

**Regional Councilor of the Canton Basel-Stadt  
Minister of Civil Works**

***Regierungsrätin des Kantons Basel-Stadt  
Vorsteherin Baudepartement***



Dear participants of the World Green Roof Congress and  
of Green Roof Week,

I welcome you cordially to the first World Green Roof Congress and am pleased that Basel was selected as the location for this event. In Basel, we have been engaged with the topic of rooftop greening for 10 years. In 1996, together with the organizer of this Congress, Stephan Brenneisen, and the industry association of Basel-Stadt, we launched a campaign to promote rooftop greening. For one year, green roof projects were subsidized from a total pool of 1 Million Swiss Francs (max. CHF 20.- / m). As a result of this program, new green roofs equivalent in size to 8 football fields now cover 100 buildings across the Canton.

Green roofs afford increasingly valuable contributions to the ecologic and aesthetic revaluation of our City, including energy conservation, the regulation of microclimates within buildings and in the urban climate, and the preservation of roofing membranes by the additional substrate layer. When wrapping up the campaign, we learned that green roofs are also a topic for nature conservation. They render valuable contributions to the preservation of biodiversity and the cross-linking of natural areas. Incidentally, the successful green roof support programme will be repeated this year!

I wish you a successful Congress with inspiring and motivating exchanges of information and experience, informative excursions and tours, and I hope that you will also find the time to explore Basel's other features, beyond its "green" side!

Barbara Schneider  
Regional Councilor of the Canton Basel-Stadt  
Minister of Civil Works

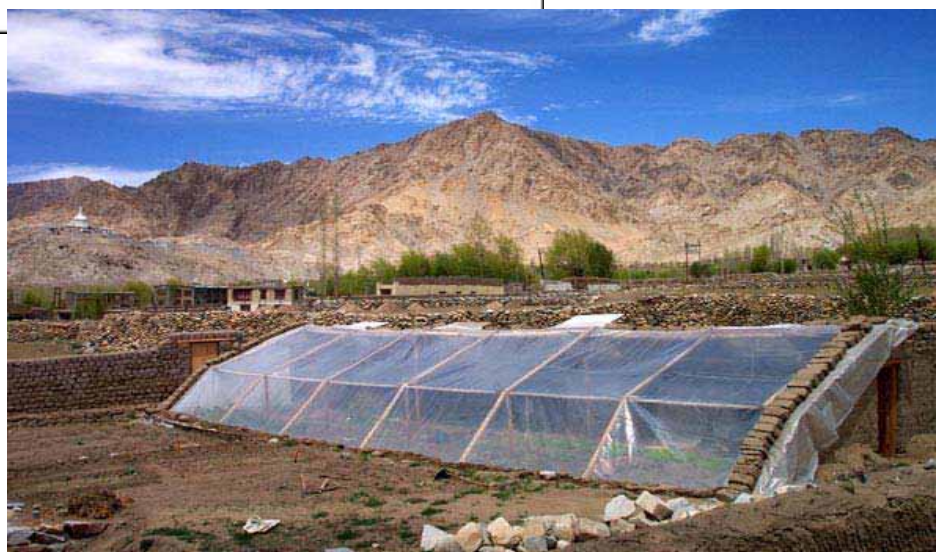
Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Welt Gründach-Kongress und der Gründach-Woche

Ich begrüsse Sie herzlich zum ersten Welt Gründach-Kongress und freue mich, dass für diese Veranstaltung Basel als Kongressort ausgewählt wurde. Wir befassen uns seit 10 Jahren mit dem Thema „Dachbegrünung.“ In 1996 lancierte das Baudepartement zusammen mit dem Organisator dieses Kongresses, Stephan Brenneisen, und dem Gewerbeverband Basel-Stadt eine Kampagne zur Förderung des Gründachs. Während eines Jahres wurden Begrünungsprojekte mit einer Gesamtsumme von 1 Mio. Franken subventioniert (max. CHF 20.- / m). Resultat war eine neue, begrünte Fläche in Grösse von acht Fussballfeldern, verteilt auf über 100 Gebäuden im Kanton.

Gründächer leisten somit immer mehr wertvolle Beiträge zur ökologischen und ästhetischen Aufwertung unserer Stadt: zum Energiesparen, zur Regulierung des Mikroklimas in den Gebäuden und des Stadtklimas und zur Schonung der Dachhaut durch eine zusätzliche Substratschicht. Bei der Nachbereitung der Kampagne haben wir gelernt, dass begrünte Dächer auch ein Naturschutz-Thema sind. Sie leisten wertvolle Beiträge zur Erhaltung der Biodiversität und zur Vernetzung von Naturräumen. Die erfolgreiche Gründach-Förderkampagne wird übrigens dieses Jahr wiederholt!

Ich wünsche Ihnen einen erfolgreichen Kongress mit einem anregenden Erfahrungsaustausch, informative Exkursionen und Führungen und wünsche mir, dass Sie Zeit finden, Basel nicht nur von seiner „grünen“ Seite kennen zu lernen!

Barbara Schneider  
Regierungsrätin des Kantons Basel-Stadt  
Vorsteherin Baudepartement



149.7 t of CO<sub>2</sub> are generated at the Green Roof Congress. These emissions are offset by a project of myclimate ([www.myclimate.org](http://www.myclimate.org)). This project in Ladakh in the Indian Himalaya, includes 500 solar heated greenhouses, as well as 10 small hydro power stations. Income for the local population is generated, and the dependency of unsustainable energy sources is reduced.

# Table of contents

## *Inhaltsverzeichnis*

### **Abstracts Keynote Presentations**

Prof. Dr. Helga Fassbinder, Technische Universität Eindhoven (Niederlande) .....	10
Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe, Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien (Österreich).....	10
Peter Vetsch, Architekt (Schweiz).....	11
Brad Bamfield, The Solution Organisation (UK) .....	11

### **Keynote Presentations**

Biotope City .....	13
<i>Prof. Dr. Helga Fassbinder, Technische Universität Eindhoven, Niederlande</i>	
Der Streit um das Schöne – Ästhetik zwischen Natur und Architektur .....	30
<i>Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe, Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien (Österreich)</i>	
Erdhäuser – Wohnen unter der Erde.....	50
<i>Peter Vetsch, Architekt (Schweiz)</i>	
Whole Life cost Analysis of Green roof Systems .....	62
<i>Brad Bamfield, The Solution Organisation Ltd, Chairman The Whole Life Cost Forum, UK</i>	

### **Session 1A: Support programmes for green roofs**

#### ***Förderprogramme für Dachbegrünungen***

Erleb bare Dachbegrünungen in Linz.....	65
<i>Edmund Maurer, Magistrat der Landeshauptstadt Linz, Stadtplanung Linz, Abt. Entwicklungsplanung, Österreich</i>	
Green roofs and urban biodiversity – The UK + CH: science and technology transfer project.....	70
<i>Dusty Gedge, Director, Livingroofs.org, UK</i>	
Noch mehr Grün auf Basels Dächern.....	75
<i>Reto Locher, Geschäftsführer Stiftung Natur &amp; Wirtschaft, Projektleiter der Aktion «Das bessere Flachdach 05/06», Schweiz</i>	
Der Gründachmarkt in Deutschland – Marktspiegel, Analyse, Entwicklung.....	78
<i>Fritz Hämmerle, Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., Deutschland</i>	

## **Session 1B: Plants and vegetation for green roofs**

### ***Pflanzen und Vegetationsplanung für Dachbegrünungen***

Wie bringen wir Artenvielfalt auf extensiv begrünte Dächer? .....	84
<i>Johannes Burri, UFA-Samen, Winterthur, Schweiz</i>	
Sedum für Dachbegrünung .....	87
<i>Daniel Labhart, Pflegeleichte Pflanzen für Garten und Dach, Schweiz</i>	
Wählerische Vegetation: Einfluss von Substratart und -dicke auf die langfristige Entwicklung von Wildpflanzenarten auf Flachdächern .....	94
<i>Dieter Ramseier &amp; Bettina Kahlert, , Geobotanisches Institut I, ETH Zürich, Schweiz</i>	
Die Verwendung von Mykorrhiza in der Dachbegrünung.....	98
<i>Meinrad Müller, Otto Hauenstein Samen AG, Schweiz; Tobias Schmid, geoVerde AG, Schweiz</i>	

## **Session 2A: Case studies: concepts for design and planning**

### ***Objektbeispiele: Planungs- und Gestaltungskonzepte***

Das DAIMLERCHRYSLER Projekt Potsdamer Platz, Berlin – Planung, Ausführung und Analyse der Gehölzverwendung .....	104
<i>Daniel Roehr, MA (hons), HND (hort.), Landschaftsarchitekt, Deutschland</i>	
<i>Susanne Neubert, Dipl. - Ing. agr. Gartenbau, Deutschland</i>	
Living Architecture: Californian Case studies of Green roofs.....	120
<i>Paul Kephart, Rana Creek Restoration Habitate Centre, USA</i>	
Objektbegrünung mit interdisziplinärem Konsens.....	121
<i>Lutz Volkmann, Ingenieur für Bauwerksbegrünung, Zentrum für Bauwerksbegrünung, Berlin Brandenburg e.V., Deutschland</i>	
Novartis Campus – Landschaftstransformation auf die neue Stadt des Wissens in Basel.....	133
<i>Stephan Brenneisen, Fachstelle Dachbegrünung Hochschule Wädenswil, Schweiz</i>	

## **Session 2B: Storm water management with green roofs**

### ***Regenwassermanagement und Siedlungsentwässerungsplanung***

Die Quantifizierung des Dachbegrünungspotenzials verschiedener Bebauungstypen in Karlsruhe durch den Einsatz von Fernerkundungsdaten.....	141
<i>Sabine Steusloff, Dipl.-Biol, Institut für Geographie und Geoökologie, Universität Karlsruhe, Deutschland</i>	
Urban storm water management by extensive green roofs .....	150
<i>Prof. Dr. Manfred Köhler, Green Roof Centre, Neubrandenburg, Germany</i>	
Dachbegrünung am Potsdamer Platz und die Auswirkungen auf ein „Urbanes Gewässer“ .....	157
<i>Marco Schmidt, Dipl. Ing TU-Berlin, Institut für Landschaftsbau, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik, Deutschland</i>	
<i>Gerhard Hauber, Dipl. Ing., Landschaftsarchitekt, Atelier Dreiseitl, Deutschland</i>	

**Session 3A: Habitats on the roof: eco system - biodiversity – nature conservation**  
**Lebensraum Dach: Ökosystem – Biodiversität - Naturschutz**

Naturschutz auf dem Dach: Bodenbrütende Vögel auf Flachdächern.....	170
<i>Nathalie Baumann, Hochschule Wädenswil, Schweiz</i>	
Green Roofs for Biodiversity – Designing Green Roofs to meet targets of BAP (Biodiversity Action Plan) species .....	177
<i>Dusty Gedge, Director Livingroofs.org, UK</i>	
<i>Gyongyver Kadas, School of Biological Sciences, Royal Holloway University of London, UK</i>	
Design and Biodiversity: A Brown Field Roof in Malmö, Sweden .....	185
<i>Mårten Setterblad, Department of Landscape Architecture, Swedish University of Agricultural Sciences</i>	
<i>Annika Kruuse af Verchou, City of Malmö, Department of Public Works, Sweden</i>	
Langzeitentwicklung extensiver Dachbegrünungen: Eignen Sie sich als Dauerlebensraum für die Bodenmeso- und -makrofauna ? .....	189
<i>Tillmann K. Buttschardt, Institut für Geographie und Geoökologie, Universität Karlsruhe, Deutschland</i>	

**Session 3B: Green roof substrates: water balance, stockflow**  
**Dachbegrünungssubstrate:Wasserhaushalt, Stoffflüsse**

Quantifying evaporation and transpirational water losses from green roofs and green roof media capacity for neutralizing acid rain. ....	200
<i>R. D. Berghage, D.J. Beattie, A.R. Jarrett, F. Rezaei, and A. Nagase, Department of Horticulture and Department of Agricultural and Biological Engineering, Penn State University, USA</i>	
Green Roof Water Recycling System 'GROW' .....	208
<i>Chris Shirley-Smith, Researcher, Imperial College London</i>	
Wasserhaushalt und Abflussverhalten von Gründächern .....	214
<i>Stephan Roth-Kleyer, Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule Wiesbaden, FB Gartenbau und Landschaftsarchitektur</i>	
The interaction between water and energy of greened roofs.....	228
<i>Marco Schmidt, Dipl. Ing TU-Berlin, Institut für Landschaftsbau, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik, Deutschland</i>	

**Session 4A: Planning, maintenance and quality control of green roofs**  
**Planung, Unterhalt und Qualitätssicherung von Dachbegrünungen**

Unterhalt und Pflege des extensiv begrünten Daches.....	238
<i>Markus Schindelholz, Jörg Zumstein, Sarnafil AG, Schweiz</i>	
Schrägdach-Begrünungen .....	244
<i>Roland Appl, Technischer Leiter ZinCo GmbH, Deutschland</i>	
Qualitätssicherung und Zertifizierung von Dachbegrünungen in Österreich.....	250
<i>Andreas Moser, Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) Österreich</i>	
<i>Christian Oberbichler, Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.), Österreich</i>	
Prüfung von Dachbahnen auf Wurzel- und Rhizomfestigkeit – verschiedene Verfahren im Vergleich .....	258
<i>Martin Jauch, Peter Fischer, Forschungsanstalt für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan, Deutschland</i>	

## **Session 4B: Visions of green and healthy cities**

### ***Visionen für eine grüne gesunde Stadt***

Estimates of air pollution with green plants and green roofs using the UFORE Model .....	265
<i>Beth Anne Currie, Urban Space, Toronto, Canada</i>	
<i>Brad Bass, Environment Canada, Adaptation and Impacts Research Group, Toronto, Canada</i>	
Homes for green roofs: a challenge for British housing .....	277
<i>Matthew Frith, Peabody Trust and livingroofs.org, UK</i>	
Vegetated roofs in Sweden: green revolution or green image?.....	290
<i>Tobias Emilsson, Department of Landscape management and Horticultural technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden</i>	
Potential for extensive green roof systems in Australia.....	296
<i>Raelene Mibus, South West Institute of TAFE, Victoria, Australia</i>	

## **Session 5A: Spatial planning and economical assessment of green roofs**

### ***Raumplanerische und ökonomische Bewertung von Gründächern***

Bewertung von Dachbegrünungen in der Eingriffsregelung: Analyse deutscher Verfahren und ihrer Anwendung. ....	294
<i>Stefan Zeller, Optigrün international AG, Germany</i>	
Gründächer als Baustein nachhaltiger Architektur .....	303
<i>Maik W. Neumann, Dipl.-ing. Architekt, Neumann-Architekten Stuttgart, Deutschland</i>	
Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen.....	307
<i>Sven Schönemann, Dipl. Ing. Hochschule Anhalt (FH), Bernburg (D)</i>	
Environmental Benefits of Green Roofs on a City Scale – An example of City of Toronto.....	316
<i>Hitesh Doshi, Professor, Ryerson University, Department of Architectural Science</i>	
<i>Doug Banting, Professor, Ryerson University, Geography Department</i>	
<i>James Li, Professor, Ryerson University, Civil Engineering Department</i>	
<i>Paul Missios, Professor, Ryerson University, Economics Department</i>	
<i>Angela Au, Research Assistant, Ryerson University</i>	
<i>Beth Anne Currie, Research Assistant, Ryerson University (Presently with Urbanspace Property Group)</i>	
<i>Michael Verrati, Research Assistant, Ryerson University</i>	

## **Session 5B: Green roofs and environmental education**

### ***Dachbegrünung – Naturvermittlung – Umweltbildung***

Swedish green roof research – an overview .....	320
<i>Louise Lundberg, Scandinavian Green Roof Institute, Malmö, Sweden</i>	
Living roofs – A catalyst for building communities .....	324
<i>Jane Riddiford, Global Generation Trustee/Co- Founder, London UK</i>	
<i>Charlie Green, The Office Group, London UK</i>	
Evaluation of the first Green Roofs in the District of Xochimilco in Mexico City after 15 months.....	331
<i>Tany Müller Garcia, Roofgreening, Mexico</i>	
An International Call for the Greenroof Projects Database .....	334
<i>Linda S. Velazquez, ASLA Associate, LEED™ Accredited Professional, Publisher of Greenroofs.com, USA</i>	

## **Abstracts Keynote Presentations**

## **Prof. Dr. Helga Fassbinder, Technische Universität Eindhoven (Niederlande)**

### **Biotope City**

Globale Erwärmung, städtische Wärmeinsel, Feinstoffkonzentration und die Folgen für die Menschen in ihren Städten sind bekannt - warum ist die „Grüne Stadt“ nicht längst schon Realität? Die Formel BIOTOPE CITY ist die Einladung zu einem „ernsten Spiel“ (Goethe, Epirrhema): zur Integration der vielen bereits entwickelten Ansätze nachhaltigen Bauens und Planens in eine Idee von Stadt, die als ein sich weitgehend selbstregenerierendes Gesamtsystem mit minimalen externen Effekten gesehen wird: das Biotop. Dieses Biotop Stadt wird eine neue, mitreissende Schoenheit ausstrahlen, die das nachhaltige Bauen endlich wirklich in den Herzen verankert.



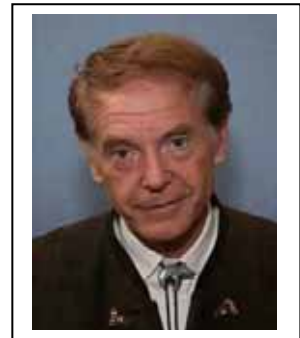
### **Biotope City**

Global warming, urban heat island and particulate matter with the consequences for inhabitants of cities are well known – so why the „Green City“ is not yet a common reality? The formula BIOTOPE CITY is an invitation to a „serious game“ (Goethe, Epirrhema): to integrate all of the already developed approaches of sustainable construction and planning in a idea of a city as a self sustaining complete system with minimized external effects: the Biotope. This Biotope City will show a new beauty and guide sustainable constructions finally into our hearts.

## **Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe, Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien (Österreich)**

### **Der Streit um das Schöne - Ästhetik zwischen Natur und Architektur**

Premiere der audiovisuellen Schau von Prof. Dr. Bernd Lötsch für den Baseler Gründachkongress. Gibt es angeborene Elemente unserer Ästhetik - Vokabel des Schönen, auf die Menschen aller Kulturen reagieren? Pendelt der Mensch nicht zwischen der Faszination des Künstlichen und der Sehnsucht nach dem Natürlichen - zwischen Geometrie (die ihm bereits über den Kopf wächst) und dem Organischen (als "Naturerinnerung und Seelenvitamin")? Warum verteufelt der Künstler und Dachgrün-Pionier Hundertwasser die gerade Linie als "gottlos"? Was ist der Unterschied zwischen Rhythmus und Stereotypie? Gibt es "Phytophilie" (Pflanzensehnsucht) wie Humanethologen sie zu sehen glauben? Warnung an alle Architekten: Die Einsichten des Stadtökologen Prof. Dr. Bernd Lötsch, streitbarer Umweltwissenschaftler und Gen.Dir. des Naturhistorischen Museums Wien, könnten Ihre Gesundheit gefährden.



### **The conflict about beauty – Aesthetics between Nature and Architecture**

Are there innate elements of our aesthetics - vocables of beauty - upon which people of all cultures react? Do we not oscillate between fascination of the artificial and yearning for the natural, between geometry (which one already outgrows) and the organic (as a "reminder of nature and vitamins for the soul")? Why does the artist and green roof pioneer Hundertwasser demonize the straight line as "godless"? What is the difference between rhythm and stereotype? Does the "phytophilia" (longing for plants) that human ethologists see really exist? Warning to all architects: The insights of urban ecologist Prof. Dr. Bernd Lotsch, the disputatious environmental scientist and general director of the Natural History Museum in Vienna, may jeopardize your health.

## **Peter Vetsch, Architekt (Schweiz)**

### **Erdhäuser – Wohnen unter der Erde**

Peter Vetsch realisierte seit 1974 mehr als 40 verschiedenste Erdhäuser. Er erzählt über seine vielfältigen dachbegrünungstechnischen Erfahrungen beim Bauen im Sinne der Prämisse, Gebäude so gut wie möglich in die Umgebung und Landschaft zu integrieren und der Natur zum guten Teil wieder zurückzugeben, was ihr durch den baulichen Eingriff genommen wurde.



### **Earth houses – Living under the ground**

Since 1974, Peter Vetsch has created more than 40 very distinct earth houses. He tells of his manifold experiences with green roofing techniques during construction, from the premise of integrating buildings as best as possible into the surrounding landscape and of returning to Nature the best part of that which the encroachment of construction has taken.

## **Brad Bamfield, The Solution Organisation (UK)**

### **Whole Life Cost Analysis of Green Roof systems**

Brad is a lively, interesting and often controversial speaker. He is Chairman of the UK's Whole Life Cost Forum and acknowledged as one of the most knowledgeable "experts" in whole life costs and sustainability. In working with his clients, Brad concentrates on generating profits for their organisations, and in his presentation he will cover the meaning of Whole Life Costs, the relationship between Whole Life Costs and Sustainability. He will also cover the methodology of Whole Life Costs, the integration of capital and revenue costs, and procurement (performance versus specification), as well as the supply chain delivery of Whole Life Cost information and analysis, service life and the benefits and effects of Whole Life Costs on profits.



### **Whole Life Cost-Berechnungsanalyse von Dachbegrünungssystemen**

Brad Bamfield ist ein lebhafter, interessanter und oft kontroverser Redner. Als Vorsitzender des Whole Life Cost Forums in Grossbritannien ist er einer der bekanntesten Experten im Bereich von Gesamtkostenberechnungen und Nachhaltigkeit. Sein Referat wird die Bedeutung der Whole Life Cost-Berechnungen beleuchten, deren Verbindung zur Nachhaltigkeit und deren Erfassungsmethoden. Weiter werden Aspekte der Integration von Kapital und Ertrag sowie die Lebensdauer von Gebäuden diskutiert.

## **Keynote Presentations**

# BIOTOPE CITY

**Prof. Dr. Helga Fassbinder, Technische Universität Eindhoven, Niederlande**

Die negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt durch die fortschreitende Bebauung von Freiflächen in Siedlungsgebieten macht die Aktivierung versiegelter Flächen zu einer stadtökologischen Notwendigkeit. Um die Eingriffe in den Naturhaushalt zu minimieren, muss nicht nur der Erhalt von Freiflächen bzw. deren Ausgleich im Vordergrund stehen, sondern auch für die Verbesserung der Situation im Bestand Sorge getragen werden. Nachträglich realisierte Dachbegrünungen können als Teilentsiegelungsmaßnahmen gute Dienste leisten. Es stellt sich nun die Frage, in welchem Maße der nachträgliche Einbau begrünter Dächer bezogen auf ein ganzes Stadtviertel möglich ist, und in wieweit sich dies auf den Wasser- und Stoffhaushalt des Niederschlagsabflusses dieses Gebiets auswirkt.

Es ist bereits nahezu 20 Jahre her, dass der Sozialwissenschaftler Ulrich Beck ein Buch veröffentlichte, das eine weltweite Resonanz erfuhr: "Die Risikogesellschaft" von Dieses Buch wurde nicht nur in zahlreichen Sprachen veröffentlicht, es hat auch einen tiefen Einfluss auf das Denken von Politikern und Planern ausgeübt, von seiner Resonanz in der wissenschaftlichen Welt ganz zu schweigen. Becks zentrale These ist: Die Aufnahmekapazität unseres globalen Systems ist an ihrem Ende angelangt. Zum ersten Mal in der Geschichte ist Planung mit der Gefahr unvorhersehbarer Risiken und globaler Effekte konfrontiert, die als Folge planerischer Eingriffe auftreten können. Seine Schlussfolgerung ist: Planung muss sich reflexiv verhalten, Planung muss alle potentiellen Implikationen ihres Handelns auf die sorgfältigste Weise reflektieren.

Inzwischen haben sich Stürme und Flutkatastrophen in der ganzen Welt gehäuft, das Abschmelzen der Pole und Gletscher zeigen die steigende Erderwärmung, die Registrierung von Feinstoffkonzentration in den Städten und verdichteten Regionen ist die jüngste Erscheinungsform dessen, worauf Ulrich Beck hinwies mit dem Satz: Die Aufnahmekapazität unseres globalen Systems ist an ihrem Ende angelangt.

Verhält sich inzwischen angesichts dieser sich häufenden Umweltkatastrophen die Planung 'reflexiv', d. h. reflektieren Planer und Entscheidungsträger alle potentiellen Implikationen ihres Handelns auf die sorgfältigste Weise?

Auf höchster politischer Ebene wird versucht, zu vertraglichen Begrenzungen über die negativen Effekte von Planung und Wirtschaft zu kommen - Rio, Kyoto, Bonn, Johannesburg sind Stationen eines mühsamen Ringens mit den Partikularinteressen einzelner Länder und grosser Konzerne. Man kann sagen: heute besteht durchaus ein breites Bewusstsein in der Öffentlichkeit über die prekäre und gefährdete Lage, in der sich unser globales System befindet. Setzt sich das auch in Handeln um? Planen Planer und Architekten unsere Städte und Gebäude so, dass die negativen Effekte auf das globale System minimiert werden?

Städte spielen eine zentrale Rolle in diesem Prozess. Sie nehmen immer mehr Fläche ein und ziehen immer mehr Menschen an sich. Schätzungen zufolge leben mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung, das sind ca. 3,3 Milliarden Menschen, in verdichteten Regionen. Mehr als 90 % des künftigen Bevölkerungszuwachses wird sich in Städten konzentrieren.

Städte und ihre Bauwerke sind wesentlich verantwortlich für den Greenhouse-Effekt und für das Sinken des Grundwasserspiegels: Städte strahlen überproportional viel Wärme aus, Regenwasser wird in Kanalisationen abgeführt und sickert nicht ins Grundwasser durch. Die Bauproduktion ist verantwortlich für einen hohen Rohstoff- und Energieverbrauch bei der Produktion ihrer Bauelemente. Der Abriss von Bauwerken verursacht - unglaublich, aber wahr - jährlich einen größeren Müllberg als der gesamte Abfall von Haushalten zusammengenommen (und der ist schon nicht gering) - dies sind nur einige Aspekte, die in das Tätigkeitsfeld von Architekten, Bauingenieuren und Stadtplanern hineinragen. Die Feinstoffschmutzung, die durch den motorisierten Verkehr und fossile Brennstoffe verursacht wird, wird nicht in den Städten selbst wieder abgebaut, denn anders als organisches Grün können die harten Oberflächen die Mikropartikel nicht binden.

Wie viel spürt man von Reflexiver Planung? Ich konstatiere: Im Mainstream sind Architekten und Stadtplaner immer noch weit davon entfernt, in den heutigen globalen Umweltbedingungen die zentrale Herausforderung zur Entwicklung neuer Ziele, Strategien und Spielregeln zu sehen. Im Gegenteil: der Kriterien-Katalog der 'Nachhaltigkeit' wird meist als nicht mehr denn als eine Pflichtübung abgehandelt, zu der man bestenfalls entsprechende Experten hinzuzieht -

und Grün ist das erste, was im Zweifelsfall dem Rotstift zum Streichen angeboten. Zwar gibt es hier und da exzellente Vorzeigeprojekte, in der dann in den Medien berichtet wird, aber grosso modo zeigt die alltägliche Planungspraxis wenig Veränderung geschweige denn, dass die dringliche Notwendigkeit ein inspirierender Impuls für eine neue, andere, umweltschonende Architektur und Stadtplanung wäre.

Warum? Wie ist es möglich, dass in der Praxis immer noch das gängige Bauen der ersten und zweiten Moderne dominiert? Warum sind nicht längst alle neuen Dächer grün und alle Fassaden bewachsen? Um aus gegebenem Anlass dieses Kongresses andere Aspekte des umweltfreundlichen Planens und Bauens einmal beiseite zu lassen. Müssten wir nicht alle Segel gehisst haben, um den Kurs zu ändern?

Grundproblem bei Architektur und Stadtplanung ist ein Planungsdenken, das beseelt ist von der Idee von der unbeschränkten Verfügung über die vorfindliche Natur, in dem selbst der kurzfristige Nutzen für Menschen (jedenfalls die jeweils entscheidungstragenden dieser Spezies) uneingeschränkte Priorität genießt. Die Vorstellung, dass sie mit ihren Planungen in ein ausbalanciertes, sich selbst recycelndes Gesamtsystem eingreifen, dessen einzelne Elemente ihren eigenen, über Millionen von Jahren erreichten Stellenwert in diesem System haben - diese Vorstellung liegt den allermeisten Akteuren der Planung immer noch fern. Becks Aufruf zu einer reflektiven Planung mag in der Theorie und in einigen oberen Etagen durchgedrungen zu sein – im Alltag der Praxis ist er auch nach 20 Jahren noch nicht durchgedrungen. Hier herrschen die alten Denkclichés, überlagert von einer Orientierung an kurzfristiger Wirtschaftlichkeit.

In früheren, vorkapitalistischen Epochen mag eine gewisse Ehrfurcht vor der Natur - gleich ob als göttlich belebt oder als gottgeschaffen gedacht - eine Barriere gegenüber allzu rücksichtsloser Ausbeutung und Zerstörung dargestellt haben. In unserem säkularisierten Zeitalter dominiert eine Schein-Rationalität, die die betriebswirtschaftliche Rentabilität zum beherrschenden Kriterium gemacht hat. Das führt dazu, dass man die Zerstörung von geringer oder gar nicht rentablen Nutzungen im Bedarfsfall als gerechtfertigt, zumindest als kaum vermeidbare, selbstverständliche Begleiterscheinung von städtischer Kultur betrachtet.

Es ist aber nun nicht so, dass das neue, nachhaltige, umweltverträgliche Planen und Bauen weitgehend unbekanntes Terrain wäre. Wie immer, wenn ein großer Umschwung sich anbahnt, wird er durch unzählige Menschen an vielen Orten vorangetrieben. Viele Bausteine eines neuen Denkens in Architektur und Städtebau sind bereits entwickelt worden. Schadstoffarme und nachwachsende Baustoffe, Sonnen- und Windenergie, Abwasser-Recycling, ausstoßarme öffentliche Verkehrssysteme, pocket parcs, leichte Gründächer, vertikale Begrünung, .... - in allen Bereichen von Bauproduktionstechnologie bis zur Stadtplanung sind nachhaltige Elemente, Instrumente und Methoden entwickelt worden bzw. wieder entdeckt worden und schon an vielen Orten erfolgreich erprobt worden. In allen Bereichen und an vielen Orten haben sich hierfür Experten herausgebildet.

Auch auf staatlicher und kommunaler Ebene wird viel unternommen, um mit Gesetzen, Verordnungen und Subventionen Investoren, Bauunternehmen, Architekten und Stadtplaner in Richtung Nachhaltigkeit zu steuern. Das Problem liegt also längst nicht mehr in der fehlenden Kenntnis oder an einer grundsätzlich unwilligen öffentlichen Hand. Es bedarf offensichtlich eines weiteren: eines Kulturumschwungs gewissermaßen, um den verstandesmäßigen Einsichten, an die Beck cum suis und die großen internationalen Umwelt Konferenzen appellieren, auch im Alltag der Bauwelt und Stadtbauwelt lebendig werden zu lassen.

Ich will dies an einem kleinen, anschaulichen und gleichzeitig unter Umweltgesichtspunkten wichtigen Beispiel illustrieren. Betrachten Sie dieses Foto:



DE ARCHITECT, eine renommierte niederländische Fachzeitschrift, bringt ein solches Titelblatt. Nicht um eine Scheußlichkeit anzuprangern. Offensichtlich wird dieser Blick als schön empfunden. In einem Artikel im Innern des Blatts wird das abgebildete Projekt lobend besprochen. Dies obwohl die heute richtige Lösung verwunschene, vielleicht für Menschen unzugängliche Dachgärten wären: Die Erwärmung der städtischen Oberfläche wäre geringer; das städtische Klima besser wegen seiner Feinstoffbindung und der Stickstoffbindung; die Chancen für Biodiversität wäre größer. Und es wäre eine schöne Idee, in luftiger Höhe, kleine natürliche Gärtchen zu wissen, mit Gräsern, Fettpflanzen, Insekten, Vögeln.... Schließlich wurde in der abendländischen Kunstgeschichte das Paradies immer als ein Gärtchen dargestellt - der Garten, aus dem die Menschen vertrieben wurden.



Warum leisten wir uns diese verwunschenen Gärten hoch über uns nicht? Liegt es daran, dass das grüne Dach teurer wäre als eines mit Kieselsteinen? Sollte das wirklich der Grund sein? Wie werden die Prioritäten gesetzt? Geht es wieder um die leidige Wirtschaftlichkeit? Ich habe allen Anlass, dies zu bezweifeln.

Überall in der Stadt findet man an Neubauten teure Details, die meisten davon zeugen sogar von einem verschwenderisch betriebenen Raubbau an natürlichen Ressourcen: kostbarer Marmor, ausgesuchter Granit, unendlich viel Glas, das dann wieder aufwendige Massnahmen der Kühlung im Innern erfordert u.s.w. Repräsentativ und daher offensichtlich wirtschaftlich nützlich. Ohne Mehrkosten könnten bei einer anderen Prioritätensetzung dünne Leichtgewichtböden auf den Dächern genügend Nährboden abgeben für eine sich selbst instand haltende Dachbegrünung, im Großen und Ganzen kaum teurer als ein traditionelles Flachdach, die Fassaden könnten begrünt

sein und damit im Sommer einen Schutzmantel gegen Aufwärmung bieten. Warum eigentlich wird immer noch nicht mit einer neuen Schönheit umweltfreundlichen Bauens repräsentiert?

Ist es vielleicht doch Unkenntnis? Oder gar die Angst vor einem unkontrollierten Eigenleben in luftigen Höhen, dort, wo es bislang nur um Isolation gegen Regen, Schnee und Sonne ging? Noch grotesker ist die Sache beim vertikalen Grün: kein Geld für eine Pflanze für vertikale Begrünung? Selbsthaftender wilder Wein kostet Euro 4,-, zwei Stück reichen für eine Giebelwand, kein Gerüst erforderlich, kein Unterhalt. Es ist erprobt, dass eine solche Pflanze keine Bauschäden verursacht, es gibt einen Stapel von Büchern, in denen das erläutert wird und in denen beschrieben wird, wie man damit auf einfache Weise eine vertikale Begrünung anlegen kann. Trotzdem muss man lange suchen, um Beispiele der vertikalen Begrünung bei Neubauten zu finden - eher noch findet man sie bei einem alten Haus, angelegt vom Eigentümer.

Nun muss man freilich sagen: Städte würden ganz anders aussehen, wenn sie auf diese Weise mit grünen klimatische Puffern ausgestattet würden. Ay, there's the rub! Ist es das vielleicht?? Gestatten Sie mir hierzu einen visuellen Exkurs, eine Rückblende auf eine andere Phase in der Geschichte von Architektur und Stadtplanung, in der sich ebenfalls ein grundlegender Umschwung im Planen und Bauen entwickelt hat und sich schließlich auch durchgesetzt hat: die zwanziger Jahre.



Die ungesunden Lebensverhältnisse in den Großstädten des ausgehenden 19. Jahrhunderts sind sprichwörtlich. Das wurde im ausgehenden 19. Jhd. von Wissenschaftlern angeprangert. Im beginnenden 20. Jhd. kristallisierte sich unter einigen Architekten die Forderung nach Licht/Luft und Sonne heraus, es endete in einem berühmten Manifest. Die traditionelle ineffiziente Bauweise wurde angeprangert, die nicht die technologischen Möglichkeiten widerspiegelte: kostensenkende industrielle Fertigung aufgreift. Gegen die gesundheitsschädigenden Umweltbedingungen aufgrund von Lärm und Abgase von Produktion und Verkehr wurde die Forderung nach einer rationalen Planung erhoben, die Funktionstrennung bzw. eine sinnvolle Funktionskombinationen durchsetzt. Dies sind nur einige Stichworte zu dem grossen Umschwung im Planen und Bauen, der sich in den zwanziger Jahren anbahnte. *Wie haben sich diese neuen Gedanken durchsetzen können?*

Sie wurden gestützt durch führende, meinungsbildende Kommunalpolitiker in einigen großen Städten Europas. Fachleute, voran Architekten, Stadtplaner und Soziologen, analysierten die Probleme und entwickelten die Prinzipien eines neuen Städtebaus. Das Schlagwort von Licht, Luft und Sonne wurde zu einem populären Programm. Last not least haben Architekten und Künstler für die entwerferischen Antworten eine neue Formsprache gefunden: die Moderne, die in vielen Spielarten doch eine gemeinsame Grundidee, die des Funktionalismus zum Ausdruck brachte. Die gestalterische Grundidee: ein Kongruenz von 'innen' und 'außen', eine Übereinstimmung von Konstruktion und Form. Ein Konzept, das bis weit in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts das Denken über Planen und Bauen von Städten und Gebäuden beherrschte.



Meine These ist:

Heute haben wir es mit einem Umschwung zu tun, der nicht weniger tief greifend ist als der, der sich in den zwanziger Jahren mit der Moderne vollzogen hat. Wie ich eingangs sagte, sind sich viele Wissenschaftler, Fachleute und Politiker der Notwendigkeit eines solchen radikalen Umschwungs bewusst. Dennoch schlägt sich dies kaum in einer neuen, umweltadäquaten Gestalt der Städte und ihrer Bauwerke nieder. Warum? Was ist heute anders als in den zwanziger Jahren?

Auch heute gibt es Politiker, die das nachhaltige, umweltfreundliche Bauen vorantreiben wollen. Auch heute gibt es wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse und Demonstrationsprojekte, mit denen die Notwendigkeit und die Möglichkeit der praktischen Umsetzung in nachhaltige Gebäuden und nachhaltige städtischen Strukturen nachgewiesen werden. Dennoch wird dem nur bestenfalls pflichtgemäss Rechnung getragen – im Bedarfsfall ist schnell der Rotstift zur Hand. Nun kann man ja nicht sagen, dass die 20er Jahre weniger unter ökonomischen Zwängen zu leiden gehabt hatten. Die Situation war aber in einem Punkt geradezu konträr - und dieser Punkt ist m.E. von entscheidender Bedeutung:

In den 20er Jahren waren es eine Avantgarde in den gestaltenden Disziplinen, Architekten und Künstler, Maler, Bildhauer und das Kunstgewerbe, die die Motoren darstellten bei der Verbreitung dieses neuen Denkens. Sie propagierten dieses neue Denken in der Form eines neuen Schönheitsideals. Die breite Bevölkerung hingegen hatte zunächst wenig emotionalen Zugang dazu und es dauerte Jahrzehnte, bis das neue Schönheitsideal eine breite Basis gefunden hatte.

Heute ist die Sache gerade umgekehrt:

Aus zahlreichen Meinungsumfragen über Wohnwünsche geht immer wieder hervor, dass Naturnähe und Grün bei den Bürgern eine absolute Spitzenstellung in der Rangliste der Wertschätzungen einnehmen - sogar noch vor dem Parkplatz! Die Experten hingegen sind immer noch befangen in der Denkwelt ihrer Lehrer, der Generationen vor ihnen, für die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit die oberste Priorität darstellten. Natur? Grün ist in dieser Sicht eine Rekreationsfunktion, die abzuhandeln ist in Parks und Grünzonen. Punctum. Die Becksche Dimension global reflektierenden Planens war nicht in ihrem Blickfeld. Das haben sie denn auch ihren Schülern nicht vermittelt.

Liegt es also doch einfach daran, dass die Mehrzahl der heute in der Praxis tätigen nicht wissen, wie sie es anders machen sollten, weil es nicht in ihrem Ausbildungspaket enthalten war und erfahrungsgemäss später nicht mehr viel neues, grenzüberschreitendes dazu gelernt wird? Fehlt ein zusätzliches Expertenwissen oder gar eine neue Wissenschaft über die Stadt?

Das wäre kurz gegriffen. (Diesen Ansatz hat die Stadtökologie vorgetragen, und ist damit gescheitert: Sie hat das Schicksal einer 'zusätzlichen' Wissenschaft erlitten, die man wahlweise neben anderen Disziplinen vertiefen kann.)

Was fehlt ist etwas ganz anderes, etwas, das sich ganz außerhalb der wissenschaftlichen Disziplinen bewegt: Es fehlt eine umfassende Vision, die all die vorhandenen Elemente nachhaltigen und umweltorientierten Planens und Bauens integriert, überhöht und breit orientierend wirken kann. Eine Vision der Stadt, die in hohem Masse anschaulich ist und die so breit ist, dass sie Raum für unterschiedliche Erfahrungen und Lösungen, für Experimente und Diskussionen bietet, für Beiträge aus allen Disziplinen, die sich mit der Konstruktion der Lebensbedingungen in den Städten beschäftigen: Bauingenieure, Architekten, Stadtplaner, Verkehrsplaner, Landschaftsplaner, Biologen, Soziologen, Politologen u.s.w.

Gibt es so etwas nicht längst, werden Sie einwenden? Wir hatten in der Vergangenheit das Leitbild der gegliederten und aufgelockerten Stadt, das 'Leitbild der autogerechten Stadt, dann das Leitbild Urbanität durch Dichte, dann das Leitbild der Kompakten Stadt.....und nun gibt es doch auch das Leitbild der ökologischen Stadt.

Nun genau hier liegt der Hase im Pfeffer: Es geht nicht einfach um ein Stichwort für eine partielle Revision des Städtebaus der ersten und zweiten Moderne; oder umfassender gedacht: um einen mit vielen Vernunftgründen vorgetragenen ökologischen oder reflexiven Städtebau...Trotz aller guten Gründe: damit reißt man niemanden vom Stuhl. Nein, ich meine nicht etwas von der Art der Leitbilder der vergangenen Jahrzehnte. Ich meine etwas anderes: Ich meine ein neues Bild der Stadt, das nicht nur vernünftig ist und Sinn macht, sondern diesen Sinn auch in einem neuen Bild von Schönheit verkörpert. Ein Leitbild, das erneut Inhalt und Form integriert. Eine Vision der Stadt, die ihren Sinn in einem neuen Schönheitsideal verkörpert.

Denn das, was fehlt bei der Botschaft der Nachhaltigkeit, ist die Emphase, die Liebe zu einer neuen Sichtweise, wie sie damals das Neue Bauen getragen hat. Und wie entsteht Liebe? Ist Liebe ein Resultat nützlicher Verhältnisse? Weil gut gekocht wird und das Gehalt des Partners stimmt? Liebe wird geweckt durch Anmut, durch Schönheit. Durch etwas, das unmittelbar das Herz rührt.... Es genügt nicht, gründlich 'richtig' nachhaltig zu bauen. Die andere, innere Logik muss auch zu einer neuen Schönheit führen, zu einer neuen Verzauberung, in der die sichtbaren und die unsichtbaren Dinge fühlbar sind: die richtigen Materialien, die richtige Weise von Energiegewinnung und Abwasserversorgung, und all die vielen Details, die nachhaltiges Planen und Bauen ausmachen. All diese Elemente müssen das besondere dieses neuen (oder uralten, zyklischen) Denkens über das städtische Leben in ihrer Formensprache sichtbar machen. Es gilt, die Augen zu schärfen für die neue, andere, besondere Schönheit, durch die das Bild der Stadt als Biotop auftaucht.

Und hier sind die nachhaltige Stadtplanung, die Stadtökologie, die nachhaltige Baukonstruktion, all diese rationalen Wissenschaften am Ende ihres Lateins. Sie sprechen nicht zum Herzen, sondern zum Verstand. Zum Herzen kann nur die Form sprechen - und dieses ist die Domäne von Architektur und Design. Sie sind der Schlüssel, mit dem die Gemüter aufgeschlossen werden, ihre Formen können auf rätselhafte Weise diese Einheit von Fühlen und Denken zustande bringen, die nötig ist, um alte Gewohnheiten über Bord zu werfen und sich einem neuen Schiff anzuvertrauen, das einen in unbekannte Gewässer davontragen wird. Nur Architektur und Design können die Herzen unmittelbar bezaubern.

Deshalb wird das Konzept eines nachhaltigen Planens und Bauens sich auch erst dann breit durchsetzen können, wenn es einhergeht mit einer neuen Formensprache. Einer Formensprache, die den komplexen Inhalt erfüllbar macht. Die mit einer neuen Schönheit sichtbar macht, in welcher Welt wir uns bewegen. Was gut und was schlecht ist für die Erhaltung der Umweltbedingungen, auf die sich die Menschen seit einigen Jahrtausenden eingerichtet haben und die zu gefährden existentielle Katastrophen mit sich bringen könnte.



Dann erst werden Planer und Entwerfer nicht nur im Nachhinein und/oder in Teilaspekten der Anforderung von Nachhaltigkeit Rechnung tragen, sondern werden sie von vornherein 'reflexiv' (im Sinne von Beck) und kreativ denken: d.h. nicht nur wo irgend möglich milieuschädliche Effekte vermeiden, sondern darüber hinausgehend die menschlichen Bedürfnisse nach Behausung, Komfort und Aktivität mit architektonischen und städtebaulichen Angeboten beantworten, die das menschliche Leben in der Stadt zurückführen können in eine sinnlichen Erfahrung seines natürlichen, i.e. naturgegebenen Kontextes.

Die Formel BIOTOPE CITY ist die Einladung zu einem "ernsten Spiel" (Goethe), zur Integration der Vielzahl von bereits entwickelten Ansätzen in eine Idee der Stadt als ein sich weitgehend selbstregenerierendes Gesamtsystem mit minimalen externen Effekten: das Biotop. Als Hilfsmittel dazu biete ich den Gedanken an, dass die Stadt keinen Gegensatz zur Natur darstellt, sondern eine spezifische Variante von Natur ist, so wie in der Natur sehr unterschiedliche Landschaftstypen vorgefunden werden. Und tatsächlich hat ja die Stadt in den vergangenen Jahrzehnten auch eine eigene Flora und Fauna entwickelt, an die ständig neue Facetten hinzugefügt werden: Der Zug der wilden Tauben als Vögel der Felslandschaften in die Stadt begann schon im Mittelalter, das Aufrücken der Amseln, der Eichelhäher und der Reiher nahm in den vergangenen Jahrzehnten einen grossen Umfang an, Dachse, Füchse und Marder haben inzwischen die Städte erreicht – Im Stadtgebiet von Amsterdam wurden 141 Arten von Brutvögeln, 34 Arten Säugetiere, 60 Arten von Fischen wurden gezählt, dazu 1106 Arten von Pilzen, von denen 200 auf der Roten Liste stehen – ein herausragendes Naturgebiet!

Das Bild der Stadt als Biotop kann es erleichtern, erneut Respekt vor allen Nutzern der Stadt aufzubringen, gleich ob sie nun zur humaniora, flora oder fauna gehören, und es erleichtern, deren Anforderungen an die Umweltbedingungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit zu erkennen. Mehr noch: das Bild Biotope Stadt beinhaltet schon die Idee des Recycling System. Es ist auch anschaulich. Es kann ermöglichen, die Zergliederung von Problemlösungen in nachhaltige Details mit einer anschaulichen überkuppelnden Sinngebung zu versehen. Damit wird ein übergeordneter anschaulicher Bezugsrahmen für die große Fülle von Detailhandlungen und Entscheidungen angeboten, die Architekten und Stadtplaner täglich vollziehen. Dies erleichtert den schwierigen Übergang zu einem revidierten und erweiterten fachlichen Instrumentarium, das in vielen Teilen im Gegensatz steht zu dem, was die meisten heute aktiven Professionals in ihrer Ausbildung noch gelernt haben.

Biotop Stadt ist auch ein anschauliches Bild, das Bürger motivieren kann, sich sorgfältig und behutsam zu verhalten - beginnend mit Müllvermeidung, Mülltrennung und Energiesparen bis hin zur Bereitschaft, bei Renovierungsarbeiten umweltfreundliche Materialien zu verwenden und in energie-sparende Maßnahmen zu investieren. Weit mehr als nur mit Argumenten, die an eine längerfristige Wirtschaftlichkeit appellieren, wird eine Verhaltensveränderung hervorgerufen, wenn damit die Vorstellung geweckt wird, 'der bedrohten Natur zu helfen...'. Denn die meisten Menschen haben ein positives Verhältnis zu „Natur“, ja sie haben ein ungestilltes Verlangen nach „Natur“. Das 'Grün' von Bäumen, Parks, Gärten zählt wie auch Wasser zu den werterhöhenden Standortfaktoren. Und es gehört zu den Auffälligkeiten des Stadtbilds, dass viele Menschen mit Hingabe kleine Flecken "Natur" pflegen: Blumen am Fensterbrett, das Füttern der Vögel im Winter, selbst in den tristesten Siedlungen. Auch gibt es in nicht wenigen Städten zahlreiche Gruppen begeisterter Freiwilliger, die Tiere und Pflanzen beobachten und deren Lebensmöglichkeiten schützen. Wie populär Natur in der Stadt ist, zeigt BBC 2. Dieser Sender brachte im Juni dieses Jahres drei Wochen lang jeden Abend zur prime time ab 21.00 Uhr eine Sendung, in der von vielen versteckten Kameras aus das Wildleben in der Stadt verfolgt wurde. Zudem wird bei BBC2 in vielen Sendungen der 'wilde Garten' in

der Stadt vorgestellt und propagiert: ‚Wild life in the City‘ ist eine neue Faszination für die gestressten, naturentfremdeten Stadtbewohner geworden....Die Stadt als erlebbares Biotop!

Die Stadt als Biotop ist nicht zuletzt auch eine Schule sozialen Verhaltens. Partizipation von Bürgern, bei der Planung, bei der Instandhaltung, bei den Fragen der Regulierung städtischen Lebens könnte damit einen neuen Focus erhalten und aus der Sackgasse der Ichbezogenheit der letzten Jahrzehnte herausfinden.

Zum Ende meiner Einführung in das Thema dieser Konferenz will ich die Antworten auf die oben gestellte Frage, warum das nachhaltige, umweltfreundliche Planen und Bauen so schwer Eingang findet in die Praxis, noch einmal zusammenzufassen:

1 Beim nachhaltigen Planen und Bauen handelt sich bis jetzt noch um eine segmentierte Landschaft segmentierten Wissens, das immer noch bestenfalls additiv zu den gängigen Sichtweisen und Lösungen behandelt wird. Die heute aktiven Fachleute sind in der Mehrzahl noch in einem Fachwissen ausgebildet, das von einem anderen ideologischen Hintergrund genährt wurde, dem der unbeschränkten Verfügbarkeit über Natur und ihre Ressourcen. Sie haben dann auch vielfach wenig Affinität mit einer Herangehensweise, in der sie sich nicht so recht zuhause fühlen.

2 Planungs- und Bauaktivitäten kommen zustande in einem freiwilligen Zusammenspiel von privaten Investoren, Nutzern, Fachleuten und öffentlichen Instanzen. Trotz aller wissenschaftlichen Einsichten und politischen Verordnungen spielt die Frage der ihnen gemeinsamen weltanschaulichen und philosophischen Grundeinstellung eine wichtige Rolle. Das erschwert die Durchsetzung umweltverträglichen Handelns. Denn im Alltag ist das vorherrschende abendländische Denken immer noch basiert auf der Vorstellung der Möglichkeit einer unbegrenzten Naturbeherrschung und Naturnutzung durch den Menschen.

Bei Nachhaltigkeit und ökologischer Verträglichkeit geht es dagegen um eine grundsätzlich andere Haltung - es geht um die behutsame Einbettung menschlicher Aktivitäten in die natürlichen Kreisläufe. Das bedeutet: Solange wir anthropozentrische Vorstellung der Naturbeherrschung und Naturnutzung nicht ersetzen durch eine Haltung der behutsamen, verantwortungsvollen Einbettung menschlicher Aktivitäten in die natürlichen Kreisläufe und solange wir nicht gefühlsmässig eine neue Partnerschaft mit der Natur eingehen, wird sich ein umweltfreundlicheres Planen und Bauen nicht wirklich durchsetzen.

3 Architektur und Städtebau als gestaltende angewandte Künste spielen eine Schlüsselrolle bei dieser Umorientierung. Denn es bedarf eines gefühlsmässigen Transmissionsriemens.

Unser Gefühl für Schönheit (und vor allem das der professionellen Welt von Architekten und Stadtplaner!), Grundlage bildet für Formentscheidungen in Architektur und Städtebau, ist traditionell geschult an der Ästhetik einer Welt, die durchdrungen war von der Vorstellung unerschöpflicher natürlicher Ressourcen und ihrer uneingeschränkten Verfügbarkeit für den Menschen. Es passt nicht mehr für das Jetzt. Denn nun hat ein neues Kapitel begonnen. Unsere Erfahrungen mit einer aus dem Ruder gelaufenen Natur, die uns mit Übeln wie Stürmen, Überschwemmungen, Hautverbrennungen und Allergien überzieht, hat unser Gefühl für die damit verbundene Zerstörung und Selbstzerstörung sensibilisiert. Gleichzeitig ist ein reiches Detailwissen über Ursachen und über Bausteine der Nachhaltigkeit entwickelt worden. Um den hochkomplexen Sachverhalt, der intellektuell schwer im Auge zu behalten ist, dennoch zu erfassen und zum Ausgangspunkt für's alltägliche Handeln zu nehmen, bedarf es eines gefühlsmässigen Vehikels, und dieses Vehikel ist eine andere, neue Formsprache.

Architektur und Design kommt erneut die Vorreiterrolle bei der Entwicklung eines neuen, zeitgemässen Schönheitsempfindens zu. Erst wenn sie den Abschied von der Ästhetik der ersten und der zweiten Moderne vollziehen, wird es zu einem breiten Durchbruch nachhaltigen Planens und Bauens kommen. Ein Umschwung steht an, der nicht weniger grundlegend ist als es derjenige der ersten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts war. Die Vorstellung von der Stadt als Biotop ‚Biotope City‘ kann diesen fundamentalen Umschwung im Denken, in dem wir uns mitten drin bewegen, in ein Bild übersetzen, ein Bild, das einer guter Transmissionsriemen sein kann, um Gefühl und Ratio wieder zu vereinen. Die verwünschten Gärten auf den Dächern unserer Gebäude sind ein wunderbares Beispiel dafür, in ihnen kommt sichtbar beides zusammen: Nachhaltige Effizienz und Schönheit, die die Herzen berührt. An dieser neuen Schönheit gilt zu arbeiten.

## BIOTOPE CITY

**Prof. Dr. Helga Fassbinder, Technische Universität Eindhoven, Niederlande**

In 1986 a book was published that could be classified as a scientific bestseller - if by bestsellers not simply sales figures, but rather the influence of a book would be measured: The Risk Society by Ulrich Beck has not only been translated into numerous languages, it has also deeply influenced politicians' and planners' way of thinking- not to mention the world of scientists. Beck's central statement is that for the first time in history, planning is confronted with the danger of unpredictable risks and global effects. His conclusion: planning must become reflexive; it must reflect all possible impacts in a most circumspect manner.

In the meantime, ever-increasing storms and flooding catastrophes around the globe remind us unremittingly of the situation's graveness. At highest political levels, the attempt is made to overcome the negative effects of planning and economics through contractual limitations - Rio, Kyoto, Bonn, Johannesburg: stations of tedious wrestling with the particular interests of individual countries and large corporations. One can say: today, there exists a wide public consciousness of the precarious and dangerous state, our global system is in.

Cities play a central role in this process – they contribute heavily to the steady grow of global risks, and this will only increase if we don't succeed in a fundamental change. It is estimated that more than half of the world's population, approximately 3.3 billion people, live in urban areas. More than 90 percent of future population growth will be concentrated in cities.

“Cities are complex and dynamic systems that reproduce the interactions between socio-economic and environmental processes at a local and global scale...they are also the locus of a diversity of environmental problems with severe local and global negative consequences that potentially affect millions of people.... the path of urbanisation makes these issues critical for the present and future well-being of millions of people in developing and developed countries. The number and extent of recent climate-related natural disasters in cities illustrate the devastating consequences of some of those impacts.” (Roberto Sanchez-Rodriguez, Newsletter on the International Human Dimensions Program on Global Environmental change 03/2002)

Cities contribute to the enhancement of greenhouse gases. Cities radiate a disproportionately high level of warmth. Rainwater is drained through the canalisation and does not seep through to the groundwater. The hard surfaces cannot bind dust particles; air pollution caused by motorised traffic and fossil fuels does not decompose itself in cities etc. Building production is responsible for a high consumption of resources and energy in the production of its construction elements. The demolition of building results in -unbelievable, but true- an annually larger amount of garbage than the total of all household waste (and that alone is formidable). These are only a few aspects, which jut into the professional field of architects, construction engineers and urban planners.

Reflexive planning? Within the mainstream, architects and urban planners are still a long way away from envisioning the challenge of developing new goals, strategies, and game rules in today's global environmental conditions. On the contrary: the criteria catalogue of sustainability is usually treated as nothing more than an obligatory act in to which, at best, respective experts are called in – and when in doubt, green is the first thing to be cancelled. It must be stated: at all events, from an environmental approach, no inspiring impulse emanates for architecture and urban planning.

Why? How is it possible that, in practice, the prevalent planning and building still dominates? Do we not have to hoist all our sails, in order to change our course? The fundamental problem with architecture and urban planning is a planning philosophy, animated by the idea of an unlimited disposal over nature's resources, in which even short-term use for humans (but not for the entity of human users) savours unlimited priority. The conception that, with their plans, planners intervene in a balanced, self-recycling overall system in which individual elements have achieved their own value in this system over millions of years – this conception is very remote to most of them.

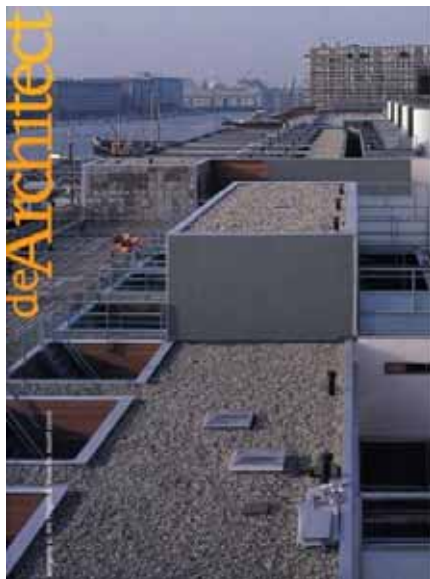
In earlier, pre-capitalistic eras, a certain reverence for nature - whether it was regarded as being heavenly enlivened or created by the divine - may have represented a barrier vis-à-vis excessive exploitation and destruction.

In our secularised age, pseudo-rationality dominates, which has allocated economic profitability as the dominant

criterion. This leads to a justification of the destruction of lower value or non-profitable usage in the case of need, at least regarded from the perspective of an economically guided urbanization as an unavoidable, 'natural' form of human culture.

It's certainly not as if new, sustainable, environmentally friendly planning and building is unknown territory. As always, when a major turnaround arises, it is spurred on by innumerable people in many places. Numerous elements of a new stream of thought in architecture and urban development have already been developed. Ecologically compatible building materials that can be re-grown, sun and wind energy, wastewater-recycling, low-emission public transportation systems; design solutions as pocket parks, light grassy rooftops, vertical greenery, - in all areas of building production technology to urban planning, sustainable elements, instruments, and methods have been developed or re-discovered, and have already been successfully implemented in many locations. In all areas and in many places, experts for such have emerged. Even at the national and municipal levels, much is undertaken via laws, regulations, and subventions to steer investors, construction firms, architects and urban developers in the direction of sustainability.

The problem does not lay in lack of knowledge or fundamental unwillingness. Something further is apparently needed: a quasi cultural turnaround, in order to realise the intellectual discernments to which Beck cum suis and the large global conferences appeal. I would like to illustrate this with a small, demonstrative and simultaneously ecologically relevant example:



A professional Dutch journal, DE ARCHITECT publishes such a front cover photograph. Not to denounce an atrocity. Apparently, this view is regarded as being beautiful. Although the right solution today would be enchanted rooftop gardens, inaccessible for people: warming of the urban surface would be lower; the urban climate would be better due to dust particle and nitrogen bonding; the chances of ecological diversity would be greater. And it would be a nice idea to know that there is tiny, natural gardens way up at airy heights, with plants, insects, birds.... Finally, in the art history of the occident, paradise was always illustrated as a garden – the garden from which man was expelled.



Why don't we afford ourselves these enchanted gardens high above us?

Is it because a green rooftop would be more expensive than a pebbled one? Should that really be the reason? How are priorities set?

All over all of the cities, in and at new buildings one finds costly details, usually even evidence of a wastefully driven depletion of natural resources such as valuable marble, choice granite, and energy. Exclusive, expensive, yes, and nevertheless regarded as sensible, as useful – they would enchant the consumer.... And affluent greenery all around the buildings, vertical and on top of the roofs would not? Green is what people appreciate most of all urban values, as researches again and again have pointed out.

But also the economic arguments taken for serious: Meanwhile recent experiences with new forms and compositions of urban green have shown that for all situation we can find a 'green' solution equal in price and at a high degree of green self-maintenance.

At the "Floriade", the Dutch International Garden Show of 2002, was shown how thin, lightweight roofing provides sufficient sedums for a self-maintenance rooftop garden, all by all not more expensive than a traditionally built flat rooftop. Is it perhaps indeed ignorance? Or the fear of an uncontrolled herbal life there, where only the actual protection from rain, sun, and snow is concerned?

Even more grotesque is the matter of vertical greenery: The urban climate would have enormous profit by the largely increased green surface provided by affluent vertical green on buildings. Leafs are able to bind dust and provide us with the air we need to live. No funds for a plant for vertical greenery?

Self-climbing wild vine would cost € 4, -, two plants are sufficient for a whole facade, no gantry is necessary, no maintenance. It has been proven that such a plant causes no damage. Stacks of books exist in which this is elaborated and in which it is described how vertical foliage can easily be planted. Despite this, one must search long and hard to find examples of vertical foliage on new buildings, and then it is planted by the residents him or herself – as it is more likely to be found on old houses.

Sure enough, one must admit: cities would look entirely different if they were furnished in this way with green, climatic buffers.... Ay, there's the rub! Could that be it??

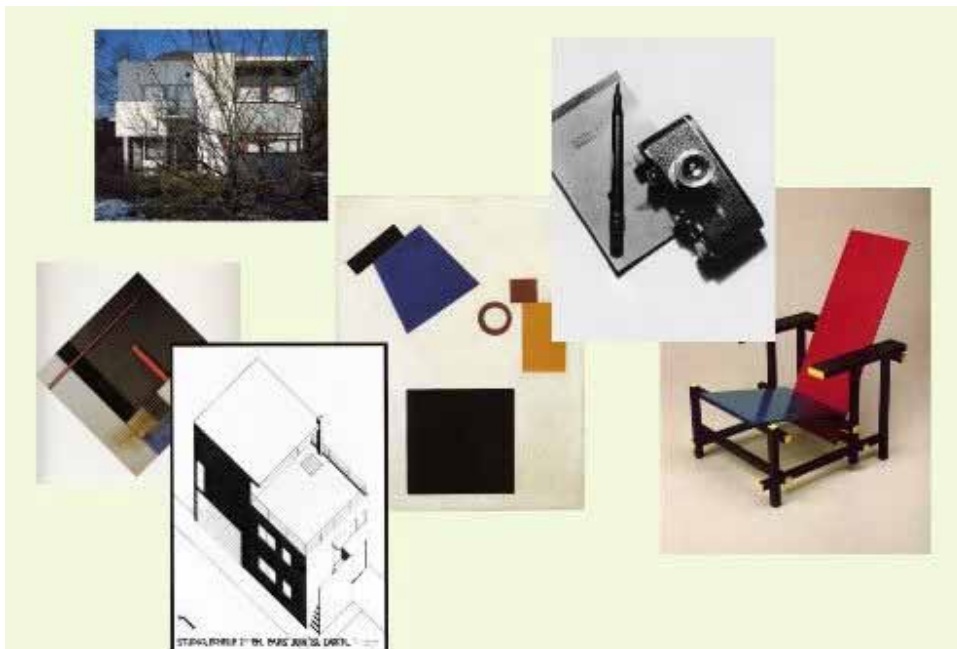
Well, perhaps now we take a little visual excursion, a retrospective of another phase in the history of architecture and urban planning, in which a fundamental turnaround in planning and building also ensued, and ultimately prevailed: the 1920ies.



For a large group of urban residents with low income housing were very different from nowadays - only to name a few keywords which characterize this: Poorly built small flats with little daylight and no sun, healthy living conditions, pollution, noise. Meanwhile all this is history. Since the twenties a rational planning has come up that asserts a separation of functions or a sensible combination of functions, respectively, and an architecture, which respects basic claims of health.

How could these new, different ideas of planning and housing assert themselves?

Specialists, particularly architects, urban developers, and sociologists studied the problems and developed the principles of a new urban development. Leading, opinion-building municipal politicians in some large European cities supported them. Last not least, as a design solution, architects and artists developed a new language of form: the Modernity, which expressed a common, functional idea in many varieties - the idea of functionalism with its basic creative idea: a congruency of "interior" and "exterior", a concordance of construction and form.



I have strong impression that nowadays the situation in our cities shows in many sense similarities. We need a new approach in planning, construction and architecture: sustainability; but it goes further: a new approach of the relationship between human and nature are on the agenda. My thesis is: We are dealing with a turnaround today that, closely examined, is no less far-reaching than that, which the Modernity implemented.

Shouldn't it be possible to mobilize all energy for such a fundamental turnaround? We know about the danger, the 'risks' about which Beck is talking, we know about the necessity of change.

There are politicians today, who want to promote sustainable, ecologically friendly construction. There are also scientific research results and demonstrative projects, with which the necessity and the possibilities of pragmatic implementation of sustainable buildings and urban structures are proven.

But there is only little movement towards a new attitude. What is different today? With one issue, the situation is downright contrary, and this issue is of decisive importance to my opinion: In the 1920ies, the architects and artists, sculptures, the applied arts, the intellectuals were the ones who represented the motor of the propagation of this new philosophy. The large bandwidth of the population had little affinity to it, little emotional accessibility. It took decades until the new ideas of beauty found a wide basis.

Today it's the other way around: From numerous opinion polls on living conditions, it is repeatedly apparent that closeness to nature, green and foliage amongst citizens is at the absolute leading position in the ranking list of valuation - even before parking space! Most of the experts, on the other hand, are still trapped by the philosophy of their teachers and previous generations, for whom functionality and profitability were highest priority. Nature? From this perspective, greenery is a recreational function, to be covered in parks and green zones. Beck's reflexive dimension wasn't in their range of vision.

Now, it would be too sketchy to say that a surplus of expert knowledge or even a new urban science is lacking; urban ecology presented this approach and failed: it suffered the fate of an "additional" science that could optionally supplement other fields.

What is missing is something entirely different, something peripheral to scientific fields: We miss a comprehensive vision, which can super-elevate all the approaches of sustainable and ecologically oriented planning and construction, and act widely oriented. A vision of the city that is largely ostensive, and so broad that it offers room for various experiences and solutions, for experiments and discussions, for contributions from all fields that are concerned with the construction of urban living conditions: civil engineers, architects, urban planners, traffic planners, landscape architects, biologists, sociologists, politicians, citizens e. a.

Does this not already exist, you will surely object? In the past, we had the "model of the structured and aerated city", the "model of the automobile suitable city", then the "model of urbanity through density", then the "model of the compact city"...and now finally, there is the model of the "ecological city".

Now, that's precisely where the snag is: It's not simply a matter of a keyword for a partial revision of the first and second modern eras' urban development; or, more comprehensively thought, ecological or reflexive urban development carried forth by rationality... Despite all good reasons: only few are going to get excited by them. No, I don't mean the type of models from the last century. I mean something else: I mean a new conception of The City, which is not only rational and makes sense, but also incorporates a new idea of beauty. A model that integrates form and content anew. A vision of a city that incorporates its sense in a new beauty ideal. Because what is missing in the message of sustainability is the emphasis, the love of a new perspective just like Modern Building had back then.

And how does love arise? Is love the result of useful conditions? When the cooking is good and the partner's paycheque is all right?

Love is awoken by amenity, by beauty. By something that directly touches the heart... It therefore does not suffice to thoroughly "really" construct in a sustainable manner. The other inner logic will also lead to new beauty, to a new enchantment in which invisible things as the right materials, the correct manner of energy extraction and sewage maintenance etc. are incorporated - but, in addition, also uncover the uniqueness of this new, age-old philosophy of urban life in its language of form. Hence, it also holds to keep our eyes open for the other, special beauty that can

allow the conception of the city as a biotope to emerge.

And this is where urban planning, urban ecology, sustainable construction, all these rational sciences are at their wits end. They touch not the heart, but the intellect. Only the form can speak to the heart – and that's the domain of architecture, design, art, literature, music. They're the keys with which the mind is opened; their form can accomplish the unity of thinking and feeling in a puzzling manner, which is necessary in order to throw old habits overboard, and board a new ship, to be carried away to unknown waters. Only architecture and design can directly enchant.

Thus, the concept of sustainable planning and building will only then be able to assert itself when it is associated with a new language of form, which makes the complex content tangible. Which, with a new beauty, makes visible which world we move in; what is good and what is bad for the preservation of environmental conditions, with which man has set himself up over the last few centuries, and which could lead to overly imperil, existential catastrophes.

Planning and building then would not only think reflexively (in Beck's sense) and creatively in retrospect and accommodate only partial aspects of the demand of sustainability, but would do so from the very start: wherever possible, avoiding environmentally damaging effects, yes, more than this, answering the human need for housing, comfort and activity with architectural and urban planning offers that can lead human urban life back to a sensual experience of its natural context.

The formula BIOTOPE CITY, is the invitation to a "serious game" (Goethe): to integration of the variety of already developed approaches in a conception of the city as a largely self-regenerating overall system with minimal external effects: the biotope. The thought that the city does not form a contrast to nature, but rather is a specific variation of nature, just as there exist various forms of landscapes in nature, serves as an aid. And the city has actually developed its own flora and fauna in the past decades, to which new facets are continually added: the train of wild pigeons in the city - birds from a rugged landscape; the rise of blackbirds, jaybirds, egrets, badgers, foxes, and martens in the city.... 141 types of birds, 34 types of mammals and 60 types of fishes, 1106 types of mushrooms, of which 200 are on the Red List: all this counted in a city as Amsterdam - a natural habitat by excellence!



The image of the city as a biotope can make it easier to deem respect to all of the city's inhabitants and users, whether they are classified as humans, flora or fauna, and to acknowledge their demands on the environmental conditions in their reciprocal dependency. Moreover, the image of the Biotope City already encompasses the idea of a recycling system. At first glance it is simple and clear and it can allow the reduction of problem solutions in sustainable details furnished with a descriptive meaning. By the image of biotope city a super-ordinate, lucid framework for the numerous detailed acts and decisions is offered, which architects and urban planners daily fulfil. This eases the difficult transition to revised and expanded professional instruments that in many ways is the opposite of what most of what today's active professionals had learned during their studies.

Biotope City is also a clear picture that can motivate citizens to behave carefully and warily - from garbage avoidance, garbage recycling and saving energy, to the willingness to use environmentally friendly products when renovating, and investing in energy saving measures. Much more than with arguments that appeal to long-term profitability can be achieved with such a conception of "lending mother nature a helping hand", as most people have a positive relationship to the idea of nature, even a desire for nature. Trees, water, parks, gardens are all value-increasing location factors. And it is part of the conspicuousness of an urban portrait that many people are dedicated to the care

of tiny areas of nature: flowers on the windowsill, feeding birds in winter, even in the saddest residential areas. In many cities, there are also numerous groups for volunteers who observe animals and plants, and protect their chances of life.

Last but not least, the city as a biotope is a school of social behaviour. Participation of citizens in the planning, maintenance, or in questions involving urban life could therewith attain a new focus, leading out of the 'cul de sac' of the individualism of the last decades.

After all I'd like to summarise the answers to the above stated question as to why sustainable, ecological planning and building is only implemented with great difficulty in practise:

Sustainable planning and construction has, until now, been a matter of a segmented landscape of segmented knowledge that still is, at its best, treated as a supplement to common views and solutions. Today's active specialists have, for the most part, been trained with the knowledge of another ideological background. They thus largely have little affinity to methods they are not at home with.

Planning and building activities ensue in a non-obligatory co-operation between private investors, users, specialists, and public instances. Despite all economic insights and political regulations, the question of their common living perspectives and basic philosophical attitudes plays a key role. This complicates the assertion of environmentally friendly acts, as the predominant occidental philosophy in everyday life is still based on the conception of the possibilities of an unlimited control over nature, and its depletion by humans.

Sustainability and ecological compatibility, on the other hand, are a matter of a fundamentally different attitude: namely one of the cautious embedding of human activities in natural cycles. This means: As long as we don't replace the anthropocentric conception of controlling nature with an attitude of careful, responsible embedding of human activities in the natural cycle, and as long as we do not emotionally enter a new relationship with nature, ecologically friendlier planning and building will not really be able to propagate. Architecture and urban design as form-giving, practical arts play a key role in this re-orientation.

Our feeling for beauty, which denotes the fundament of form decisions in architecture and urban planning, is traditionally trained by the aesthetics of a world permeated by the conception of inexhaustible natural resources and their unlimited availability for humans. Now a new chapter has begun: our new experiences with a nature that has come to the fore with malevolence such as storms, flooding, allergies and skin cancer sensitise our feeling for the conjunct demolition and self-destruction. Architecture and design again inhere the precursory role in the development of a new, up-to-date idea of beauty. Only then a wide breakthrough of sustainable planning and building will ensue. A turnaround is on the agenda - one that is no less fundamental than the turnaround of the first decades in the last century.

The crux of this turnaround of today is, however, that we are so unaware of it, as it - as opposed to back then - ensues so segmented in a variety of separate areas of knowledge. We are no longer used to implicating the "signs of the times" in the different areas of life.

With the image of Biotope City, this fundamental turnaround in thinking, in which we move, will be translated in an integrating vision of form and content: a vision that again can bring together emotion and intellect and will form a stable fundament for the cooperation of all involved in urban affairs: the citizens, the professionals in planning and architecture and last not least the politicians and their administrations. The elements for such a fundamentally different city, sustainable and beautiful in a new way, are already being created in many fine examples of architecture and urban planning....

Prof. Dr. Helga Fassbinder  
Technische Universiteit Eindhoven  
Niederlande  
[fassbinder@xs4all.nl](mailto:fassbinder@xs4all.nl)

Motto: "Wir leben nur um Schönheit  
zu entdecken. Alles andere  
ist eine Art des Wartens."  
(Khalil Gibran)

# DER STREIT UM DAS SCHÖNE – ÄSTHETIK ZWISCHEN NATUR UND ARCHITEKTUR

**Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe, Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien (Österreich)**

Das Credo aller Marketing -und PR Strategen, die inhaltschwangere Abkürzung für das, was sie beim Konsumenten bewirken müssen, AIDA: Attention, Interest, Desire, Action – muß davon ausgehen, daß der Mensch – als das höchstentwickelte Augenwesen der Evolution entscheidend über visuelle Reize zu manipulieren ist. Welche optischen Signale sind die wirksamsten? Welche werden mit Zuwendung beantwortet? (dies gilt schon im Tierversuch als ein Kriterium für ästhetische Wirkung)

Ästhetik kommt vom griech. Aisthesis - Empfindsamkeit und lebt auch noch in Anästhesie weiter - unempfindlich machen. Gewiß ist Empfindsamkeit ungleich verteilt - kann aber gefördert, leider auch unterdrückt werden. Was aber hat uns die Natur davon in die Wiege gelegt? Gibt es etwa Maßstäbe für das Schöne, die nicht bloß Intuition, nicht bloß kulturell geprägt sind?

Eben weil es so unterschiedliche kulturelle Vorlieben gibt, ist die Frage umso interessanter: gibt es überkulturelle Einigungen auf das Schöne – als menschliche Universalien der Ästhetik?

Ich beschäftige mich nicht mit dem Schönheitsbegriff eines Fäaken beim Anblick eines rosa gefärbten Schinkens, eines Matrosen angesichts eines drallen Mädchens, eines Schimpansen angesichts des östrisch angeschwollenen Hinterteils seiner Artgenossin oder eines Jockeys beim Anblick eines muskulösen Rennpferdes. Diese Präferenzen haben Motive in Triebbefriedigung und Funktionslust. Hinter diesem Schönheitsempfinden verbergen sich Interessen. Kant meinte mit Schönheitsempfinden hingegen „das interesselose Wohlgefallen“, das uns anspringt, obwohl wir im Objekt unserer Zuwendung keinen Vorteil erwarten können, keine Triebbefriedigung- wo der einzige Lohn der schöne Anblick an sich ist, wie bei der Blüte, dem Schmetterling, Pfauenrad Kristall oder Regenbogen.

Anlaß dieser Untersuchung war die erschreckende Verhässlichung aller Lebensbereiche.

Als Stadtökologe wird man zum Grenzgänger zwischen Biologie und Architektur. Man sucht nach ästhetischen Begründungen, die nicht bloß subjektivem Geschmack entspringen. Die Frage, wie weit das Weltbild der Verhaltensforschung zum Problem des Schönen beitragen könnte, fasziniert mich, seit ich Konrad Lorenz kenne.

WIE GOTTLOS IST DIE GERADE LINIE oder ZWISCHEN CHAOS UND ORDNUNG

Den letzten Anstoß zur Suche nach den angeborenen Grundlagen unseres Schönheitssinnes gab mir die freundschaftliche und doch skeptische Auseinandersetzung mit Hundertwassers ästhetisch angelegter Architekturkritik- der Verteufelung der rechtwinkeligen Kistenmacherei und technischen Monotonie: Seine Feindbilder waren Adolf Loos, Mies van der Rohe und Le Corbusier - für ihre Reißbrett-Epigonen sind sie bis heute die großen Formgeber. Für Hundertwasser waren sie Formnehmer - weil sie Baugestalt und Stadtbild verarmten und monotonisierten bis zur Unerträglichkeit.

„Das Lineal ist das Symbol eines neuen Alphabetentums, das Lineal ist das Symptom der neuen Krankheit des Zerfalls. Die heutige Architektur ist kriminell steril. Von Österreich ging dieses Architekturverbrechen in die Welt. Der Österreicher Adolf Loos hat diese Schandtat in die Welt gesetzt... Aber Adolf Loos war unfähig, 50 Jahre vorauszu denken. Der Teufel den er rief, den wird die Welt nun nicht mehr los... Er pries die gerade Linie, das Gleiche, das Glatte.

*Jetzt haben wir das Glatte. Auf dem Glatten rutscht alles aus. Auch der liebe Gott fällt hin, denn die gerade Linie ist gottlos“.* Hundertwasser, F. 1968, Los von Loos, In: Schöne Wege, S 174.

Ist Unregelmäßigkeit, Unordnung, krumme Linie, Antigeometrie wirklich schon Rezept für Schönheit? Wie kommt ein natursensibler Künstler dazu, gerade die Gerade zu verteufeln, wenn er nach einer dem Menschen gemäßen Formenwelt sucht?

### **NATURWESEN MENSCH**

Die von Konrad Lorenz, entwickelte Evolutionäre Erkenntnistheorie bestätigt überzeugend, dass Sinnesorgane und Gehirn uns immerhin ein Bild der Wirklichkeit liefern, das "realistisch" genug sei, um uns zu den kompliziertesten Überlebensleistungen in unserer Umwelt zu befähigen

Unser "Weltbildapparat" sei durch Auslese im Dialog mit der Natur entstanden und an diese ebenso angepaßt wie Flossen an das Wasser, Flügel an die Luft, Blätter an das Licht oder Wurzeln an das Erdreich, denn sonst könnten Aug' und Ohr, Hand und Hirn darin nicht überlebenssichernd funktionieren, operieren und uns orientieren. Der Affe, der keine realistische Vorstellung von dem Ast hätte, auf den er springt, wäre bald ein toter Affe und könnte nicht zu unseren Vorfahren zählen, ist ein Bonmot aus Kreisen der evolutionären Erkenntnistheorie.

Dieser Anpassungsdialog zwischen der Natur um uns und der Natur in uns währte über viele Millionen Jahre, formte jede Faser unseres Wesens, von der Netzhaut bis ins Nervenzentrum. Der Mensch ist in seinem Kern demnach furchtbar altmodisch geblieben, trägt er doch die Spuren seiner biologischen Evolution mit sich, die ausschließlich im Naturmilieu und im Sozialverband von Kleingruppen stattfand. So wird auch heute noch jedes Baby mit der Instinktausstattung des Cromagnon-Menschen geboren ("Steinzeitjäger im Straßenkreuzer").

Die selbstgeschaffene Verfremdung seiner Umwelt läuft nun der Natur des Menschen, seinen in Millionen Jahren entstandenen Anpassungsmustern, davon und erzeugt eine zunehmende Neurotisierung. Würde man die 30 Millionen Jahre Primatenentwicklung von unseren ersten Affenahnen bis zum Homo sapiens gedanklich auf ein Jahr komprimieren, so wäre in diesem Maßstab der Zeitraum seit der industriellen Revolution nicht mehr als die letzten 2 ½ Minuten des gedachten "Primatenjahres".

Der Mensch ist konstitutionell an reich strukturiertes Gelände mit vielfältiger Pflanzenwelt angepaßt, insbesondere Savannen mit Baum-und Buschgruppen, besonders auch an Wasserrändern. Eibl-Eibesfeldt (1985) spricht gar von ausgeprägter "Phytophilie" (Pflanzensehnsucht) - wo er kann, holt der Mensch Pflanzenformen in seinen Lebensraum, entweder als lebendes Gewächs in der modernen Wohnhöhle oder - künstlerisch verschlüsselt - vom Acanthuskapitell korinthischer Säulen bis zum floralen Jugendstildekor. Erst der "Funktionalismus" verbannte die Pflanzenornamentik aus der Architektur und schuf damit bald unbewußte Mangelerscheinungen für das uralte Naturwesen Mensch.

### **WIEVIEL NATUR BRAUCHT DER MENSCH?**

Die Zunahme nervlich seelischer Zivilisationsschäden führen Psychologen auch auf den oft unbewußten Naturverlustschock zurück. Dies ist umso wichtiger, seit man weiß, daß seelische Komponenten an der Entstehung der meisten Krankheiten beteiligt sind. Dies paßt zur Lebenserfahrung eines Wiener Hausarztes „a gsunder Mensch wird net krank“. Der bedeutende Vertreter der Wiener psychosomatischen Schule, Erwin Ringel, faßte es nicht minder treffend „Was kränkt macht krank“. Intensives Naturerleben kann Streß abbauen, die Konzentrationskraft steigern, Blutdruck und Gemütslagen harmonisieren sowie Verspannungen lösen. Nationalparklandschaften tragen dazu bei, die „seelische Hungersnot“ des Industriemenschen zu lindern – sie sind nicht nur Biotope“ sondern auch „Psychotope“. Der deutsche Photograph Ehlers beliefert Kliniken mit Postern aus den letzten europäischen Wildnisreservaten – auch aus den Donauauen, da die Ärzte ausgesprochen günstige Wirkungen auf ihre Patienten sehen.

Hundertwassers Bauten z.B. bemühen sich um „optische Naturkonditionierung“ – er wurde zunehmend von Klinikern gebeten, Bereiche für die Patienten zu gestalten.

### **THESE: NATURFORMEN ALS SEELENTAMIN - DIE GOTTLOSE GERADE**

Die vielen Millionen Jahre währende Evolution des Menschen, die seinen sinnlichen Wahrnehmungsapparat und viele seiner seelischen Bedürfnisse formte, hat sich im Naturmilieu abgespielt - einer Umwelt, in der es keine perfekten Geraden oder geometrischen Gestalten gab und gibt.

Im Umfeld eines Papua oder Amazonasindianers konnte man jahrelang leben, ohne einer "gottlosen" Geraden zu begegnen - ja selbst in den Landschaften Mitteleuropas fällt die gerade Linie sofort aus dem Rahmen, kann der Betrachter sicher sein, daß hier die Technik des Menschen ihre verfremdende Spur gezogen hat. Und der Ökologe weiß zudem, daß diese Geraden dann auch in der Regel zum "Werkzeug des Teufels" werden.

Die schnurgeraden Trapezprofile der Bachregulierer haben Flußleichen in Betonsärgen hervorgebracht, öde Gerinne, die nicht nur das Auge beleidigen, sondern auch funktionell versagen.

Doch ist die ökologische Kritik an der Geraden lediglich eine späte Bestätigung des künstlerischen Empfindens, wie unnatürlich technisch-geometrische Perfektion sei, Rechtfertigung einer Intuition, die ahnte, daß sich die Ordnung des Lebendigen grundsätzlich in anderen Formen ausdrückt, und daß Tausende Generationen des Menschengeschlechtes vor uns in organisch bestimmten Umwelten aufwuchsen, lebten, liebten und starben, in denen sie niemals einer makellosen Geraden, perfekten Symmetrien oder gar spiegelblanken, geometrischen Großformen begegneten. Doch zu welchem Schluß berechtigt dies?

Ist es trotz alledem nicht müßig, die Faszination zu leugnen, die von geometrischen Objekten ausgeht?

### **GEGENTHESE: DER REIZ DES REGELMÄSSIGEN - DIE GÖTTLICHE GEOMETRIE**

Erfüllten nicht schon die Ägypter mit ihren - als Weltwunder bestaunten - Pyramiden, einen Menschheits Traum? Ein Widerspruch? Selbst die Natur produziert, dort wo sie "Aufsehen erregen muß", also optische Signale aussendet, klare Formen, die in gesetzmäßiger Weise aus dem Rahmen organischer Unregelmäßigkeit und verwirrender Zufallsstrukturen ausbrechen. Da tauchen plötzlich recht strenge Symmetrien, simple Ordnungen und einprägsame Farbmuster auf. (Die Biologen sprechen dann von "Plakatfarbigkeit").

Eben weil der, allen Augenwesen instinktiv vertraute, Normalfall der organischen Natur die Unregelmäßigkeit ist, bedarf es klarer Ordnung als Kontrast, um Aufsehen zu erregen. Deshalb fühlen sich die meisten augenorientierten Organismen in der Unregelmäßigkeit zwar geborgen und angeheimelt – hingegen durch geometrische Ordnung angelockt (deshalb wachsen uns heute die Megakristalle der technomorphen Großarchitektur über den Kopf - als überoptimale Attrappen unserer Ordnungssuche)

### **Blumen und Rosetten**

Eine der erfolgreichsten ästhetischen Wirkungen wird durch Symmetrie, besonders durch Radiärsymmetrie erreicht, von den strahligen Blüten und Blütenständen bis zur strahligen Monstranz des Pfauenrades (bei dem noch "Augensymbole" hinzu kommen, ähnlich denen auf vielen Schmetterlingsflügeln). Spiegelungen im Wasser sind ein beliebtes Motiv der Landschaftsfotographie, Kaleidoskopbilder faszinieren uns ähnlich wie gotische Rosettenfenster.

Die Blumenpracht ist eine Schaufensterdekoration der Natur - im Wettbewerbsgeschehen der Evolution herausgezüchtet, um Insekten anzulocken - und eben deshalb ist es naturphilosophisch so interessant, daß optische Signale, für deren Entstehung die Anziehungskraft auf die Facettenaugen vorbeifliegender Nektarsucher mit ihren stecknadelkopfgroßen Gehirnen maßgeblich war, auch den Menschen mit seiner ganz anderen Sinneswelt unwiderstehlich anziehen. (Wobei es für wilde Blumen bekanntlich eher Nachteile bringt, daß sie auch dem Menschen gefallen. Andererseits besitzt die Hinwendung zu einer - sagen wir Orchideenblüte - auch für den Menschen zunächst keinen materiellen Vorteil. Oder welchen biologischen Nutzen sollte seine Neigung zum Blumenpflücken haben, welchen Sinn die Emsigkeit mit der bereits Kinder die Geschlechtsteile höherer Pflanzen amputieren und heimtragen?). Es manifestiert sich darin das allgemeine ästhetische Prinzip, daß geordnete Farben und Formen einer ungeordneten oder weniger differenzierten Umwelt vorgezogen werden. Die Schönheitsempfindung ist hier auch schon die Belohnung.

Das gestalterische Prinzip des idealen visuellen Signals beschreibt Lorenz in seiner Vergleichenden Verhaltensforschung (1978) als Prägnanz (ein Begriff von Felix Krüger). Prägnanz heißt: Auffallend und unverwechselbar durch Unwahrscheinlichkeit (der Reiz des Raren) und einprägsam durch Einfachheit, müssen Signale im Gedächtnis, (zum Teil sogar im Genom von angeborenen Verhaltensprogrammen) leicht speicherbare "Markenzeichen" abgeben.

### DIE SUCHE NACH ORDNUNG - den Augenwesen angeboren

Dies erklärt auch, warum augenorientierte Tiere ästhetische Ordnungen dieser Art aktiv suchen. In Wahlversuchen mit Affen, Waschbären, Dohlen und Krähen zeigte B. Rensch (1957, 1958), daß die Tiere regelmäßige Formen den unregelmäßigen und Symmetrie der Asymmetrie vorziehen. Dieselben Muster werden von Menschen schon auf Kindheitsstufe ästhetisch höher eingestuft als regellose, unsymmetrische, nicht parallele Muster.

Unsere Wahrnehmung bemüht sich ferner, Ordnung in den visuellen Erscheinungen herzustellen. Bieten wir dem Auge für den Bruchteil einer Sekunde ein Dreieck, dem eine Spitze fehlt, dann sehen wir ein ganzes Dreieck. Asymmetrie und andere Unregelmäßigkeiten in einfachen geometrischen Figuren werden von der Wahrnehmung ausgeglichen. Wir ergänzen d.h. idealisieren in Richtung auf Regelmäßigkeit und Symmetrie.

Die Faszination, die regelmäßige Kristalle für uns haben - je regelmäßiger die Prismen, desto höher der Sammlerwert - erklärt sich aus eben jenen Bezirken unserer Wahrnehmung. Dürers berühmter Kupferstich "Melancholie" (1514) lebt vom reizvollen Kontrast zwischen einem fast geometrisch perfekten Kristall und der organischen Formenwelt des späten Mittelalters. (Die Albertina wählte eine dieser Kristallflächen sogar als Schriftgrund für ihr Ausstellungsplakat.)

Daß gerade Naturvölker diesem für sie so seltene Reiz erliegen, zeigen die Berichte von Forschungsreisenden aus dem vorigen Jahrhundert, die sich um (wertlose) geschliffene Glaskristalle bei den Eingeborenen kaufen konnten, was sie wollten.

Auf meine Bitte hin machten I. Eibl-Eibesfeldt und C. Sütterlin mit Kindern von Naturvölkern Wahlexperimente zwischen Kristallen (Pyrit, Glas) und organischen Formen (schöne Meeresschnecken, kleine Tierplastiken). Sie fanden eine überwältigende Präferenz für die anorganischen glänzenden geometrischen Kristalle. Die Naturkinder suchten gerade jene Rarität, die ihnen die Natur - wenn überhaupt je - nur ausnahmsweise bot.

Auf das Seltene zu reagieren kann durchaus sinnvoll sein. Alles, das süß schmeckte, brachte unseren wilden Ahnen, ohne daß sie es wußten, zugleich auch Vitamine. Das Süße signalisiert die Natur oft durch „glänzend, rund kontrastfärbig“ (Kirsche, Eiben Arillus, Beerenobst).

Die Suche nach dem Salzigen, das unsere Primatenahnen nur ausnahmsweise fanden, ergänzte den Ionenhaushalt, sicherte das Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> Inventar ihrer Körperflüssigkeiten. (Wie heute noch die Salzlecke für das Wild.)

Doch was der Mensch sucht, wird leicht zur Sucht. Salz ist heute billig und unbegrenzt vorhanden. Die zivilisierte Menschheit frißt sich fallweise krank an Salz, meinen Herzkreislaufspezialisten.

Ebenso frißt sie sich mitunter krank an Industriezucker, meinen Ernährungsfachleute und Internisten. Und ebenso fressen wir uns heute krank an Geometrizität, an "Gottlosen Geraden", die sich der Mensch erst im Industriezeitalter perfekt und unbegrenzt verschaffen konnte.

Bei Hundertwasser liest sich das dann eben so:

*"Schon das Bei-sich-Tragen einer geraden Linie müßte zumindest moralisch verboten werden. Das Lineal ist das Symbol des neuen Alphabetentums..."*

*...Vor nicht allzu langer Zeit war der Besitz der geraden Linien ein Privileg der Könige und der Gescheiten. Heute besitzt jeder Depp Millionen von geraden Linien in der Hosentasche".*

Hundertwasser, 1958, Verschimmelungsmanifest In: Schöne Wege, S 165, ff)

Schon 1958 erkannte der Maler, daß Maschinenästhetik, Industriedesign und technomorphe Architektur unseren Sinnen ein gigantisches Gefängnis aus Geometrizität gebaut haben. Was die Natur in kleinen Dosen als Ausnahme bereithält, haben wir in nur wenigen Jahrzehnten zum Normalfall unserer visuellen Umwelt gemacht. Das Rare wurde zur Regel, die faszinierende Einzelercheinung zum phantasietötenden Massenprodukt.

Der Wilde, der fasziniert nach den Glasperlen greift, würde nach kurzer Zeit aus den gigantischen Glasprismen und blanken Metallkuben reuig in die vertraute Wildnis zurückkriechen. Und selbst der Industriemensch holt immer mehr Dschungelpflanzen und Epiphytenäste in seine technoiden Kristallhallen. Der kleine Asphaltkümmerer im 11. Stock des

monoton gerasterten Wohnsilos träumt, wie alle Kinder vor ihm, von windschiefen Knusperhäuschen, Moos und Wurzelmännchen.

### **STÖRSTELLEN - „Kaugummi fürs Gehirn“?**

Die Spannung zwischen Ordnung und Unordnung bestimmt unsere visuelle Umwelt, wie die Spannung zwischen Kultur und Natur unser ganzes Erleben beherrscht. Unser Wahrnehmungsapparat sucht nach Gesetzmäßigkeiten und Ordnungen. Ebenso wie er annähernd Regelmäßiges im Geist zu geometrisch Perfektem ergänzt, so idealisiert er annähernd Gleiches zu perfekter Gleichheit: eine Verrechnungsleistung des Gehirns, die Anwendung sucht (ähnlich wie die Fähigkeit zum Gestaltsehen, die dann auch auf Wolken und Berge angewendet wird). Bietet man perfekte Geometrie und Stereotypie im Übermaß, langweilt sich unser Wahrnehmungsapparat. Aug' und Hirn entbehren die reizvolle Herausforderung, die uns leichte Unregelmäßigkeit sonst bietet.

### **RHYTHMUS STATT STEREOTYPIE**

Die rhythmische Wiederholung gleicher (nicht identer) Teile ist ein wesentliches Konstruktionsprinzip und Erkennungsmerkmal des Lebens - man denke an Zellstrukturen, an Raupen oder Fiederblättchen; häufig wird rhythmische Wiederholung auch als visuelles Signal entwickelt, um aufzufallen (vgl. die Streifenmuster von Korallenfischen, Wespen, u.v.a.m.).

Deshalb sprechen Tier und Mensch auf solche Strukturen positiv an, wurde Wiederholung zum Gestaltungsprinzip dekorativer Kunst - von der Perlenkette bis zum klassischen Ornament des "laufenden Hundes" oder den gestickten Borten aller Zeiten und Völker. Säulenordnungen, Arkaden, Alleeebäume, Menschen in Reih und Glied drücken die formale Freude an rhythmischer Wiederholung aus. Natur und Handwerkskunst garantierten jedoch stets eine leichte Unregelmäßigkeit, die Einheitlichkeit konnte nie zur Monotonie, der organische Rhythmus nie zur technischen Stereotypie verkommen. Die Vielfalt in der Einheit wurde manchmal auch bewußt kultiviert - man denke nur an die Kapitelle mittelalterlicher Kreuzgänge.

Erst maschinelle Massenfertigung ermöglichte eine exakte Vervielfältigung, der sich Natur und Handwerk nur asymptotisch genähert hatten, ohne sie je zu erreichen. So groß war des Menschen Stolz auf diese Leistung und so groß der anfängliche ökonomische Erfolg, daß wir lange nicht bemerkten, wie sehr wir uns die visuelle Umwelt damit verödeten, wie kalt und wesensfremd alles um uns wurde.

Erst heute, rund vierzig Jahre nach Hundertwassers ersten Protesten gegen tödliche technische Sterilität, Gleichheit und Glattheit, gegen die mörderische Monotonie industrieller Massenproduktion, beginnt ein Teil der Menschen aus der Narkose der Stereotypie zu erwachen. Ja, mehr noch, industrielle Eternitschindelhersteller beginnen, diese nach Computerprogrammen mit künstlicher Patina zu variieren, um sie für Altstadtensembles lebendiger zu gestalten.

### **WARUM IST GOTIK SCHÖN? WARUM RADIOLARIEN UND BAUMKRONEN?**

Hätten wir in der Bautechnik auf kühne statische Konstruktionen solange warten müssen, bis es auch möglich sein würde, sie wissenschaftlich zu durchschauen und vorauszuberechnen, hätte es keine gotische Architektur gegeben. Denn lange vor der rechnenden Statik fanden die gotischen Meister zu atemberaubenden statischen Lösungen, indem sie eine "Kraftlinienarchitektur" aus organischen Skelettformen erstehen ließen (wie wir sie in der Natur überall dort verwirklicht finden, wo es darum geht, mit einem Minimum an Material ein Maximum an Stabilität zu erreichen). Ein künstlerisch anregendes Beispiel sind auch die mikroskopisch kleinen Radiolarien, einzellige Meeresplanktonten, nicht größer als Staubkörner, die schon von Ernst Haeckel als "Kunstformen der Natur" bezeichnet wurden, weil sie aussehen, als hätten gotische Meister sich dort ihre Inspirationen geholt. Wegen ihrer schwebenden Lebensweise müssen die Kieselgerüste so filigran wie möglich sein -- wie es ja auch das Ideal der Domsteinmetze war, ihre Steingebilde zu "entschweren". Das Motiv der Baumeister dafür war die damals aufkommende "Lichtmystik", welche den Kirchenraum -- magisch lichtdurchflutet -- als Abbild des Himmels sehen wollte: "Batir avec la lumiere" ('Bauen mit Licht' nannte Abt Suger das Grundthema seiner Architektur). Deshalb war es erforderlich, die Baukörper transparent erscheinen zu lassen, ihre Steingebilde zu „entschweren“, zu schwebenden mineralischen Skeletten mit ihren, dem Organischen entstammenden Gestaltungsprinzipien.

Der Anschliff eines Oberschenkelknochens läßt in seinem Inneren entsprechend den Drucklinien die Spitzbogenarchitektur eines gotischen Kirchenschiffes erkennen. Selbstverständlich gelten "gotische" Kraftlinienkonstruktionen für viele Pflanzenstrukturen -- etwa Stengelquerschnitte, die aussehen wie Turmgrundrisse. Ein über einer Straße sich schließender Buchenwald erweckt den Eindruck eines Domes.

Die faszinierenden Übereinstimmungen von Naturobjekt und Menschenwerk ergeben sich aus der Befolgung organischer Form- und Funktionsgesetze, die vom Baumeister durch bewußte und unbewußte Naturerfahrung intuitiv erfaßt und in die Architektur übertragen wurden. Eben dies ist auch der Grund für ihren ästhetischen Reiz. Dies gilt auch für andere gesetzmäßig aufgebaute Strukturen der Natur.

Im Prinzip ist der Baum, das Flußdelta, das Adernetz und die Bronchialverästelung ein verlangsamter Blitz - verlangsamt um den Faktor 10<sup>n</sup> aber ungemein ähnlich in Verzweigung und Raumerfüllung. Sie alle sind fraktale Gebilde -- sie folgen dem Prinzip der Selbstähnlichkeit -- d.h. die kleinsten Verästelungen ähneln dem Ganzen, der einzelne Zweig der ganzen Krone - selbst ein Förster könnte getäuscht werden, würde man einen Kronenast als Jungbaum in den Boden rammen.

Seit Benoît MANDELBROT (IBM Forschung), vermögen wir das "deterministische Chaos" mathematisch zu beschreiben: \* deterministisch, weil einem (oft erstaunlich) einfachen Gesetz gehorchend

z.B. der Formel  $Z + c$ , welche in aufeinanderfolgenden Schritten (Iterationen) immer wieder angewandt, schließlich zu hochkomplexen Gebilden der Selbstähnlichkeit führt -- analog den aufeinanderfolgenden Teilungsschritten und Wachstumsschüben lebender Systeme.

\* Chaos, weil die feinen Details -- die tatsächliche Lage einzelner Verästelungen -- prinzipiell nicht vorhersagbar sind. Jeder Förster kennt die Gestalt einer Eichen- oder Schwarzpappelkrone. Wo aber genau sich die Krone des Jungbaumes in 10 Jahren verästeln, wo jeder Sproß sitzen wird, ist prinzipiell nicht vorhersagbar (weil Folge zahlreicher Rückkoppelungen).

Solch fraktale Systeme hoher Selbstähnlichkeit lösen aus sich heraus schwierigste Probleme der Logistik -- z.B. der Versorgung von Geweben und Organen. In unserem Körper ist keine Zelle weiter als 3 - 4 Zellen von der nächsten Blutkapillare entfernt, obwohl unser Adernetz nur 5 % des Körpervolumens ausmacht. Auch unsere Bronchien leisten durch fraktale Verästelung auf kleinstem Raum, eine innere Oberflächenvergrößerung, die der Fläche eines Tennisplatzes entspricht. Auch anorganische Kräfte -- wie etwa der Abtragung, Verwitterung, Erosion -- sind fraktal darstellbar, weshalb man mit dem Computer Gebirge konstruieren kann: Landschaften, die es nie gab, die es aber hätte geben können.

### **SCHÖNHEIT DER FUNKTION**

Zweifelloso also gibt es Schönheit als "Nebenprodukt" von Funktion - vor allem im Bereich des Lebendigen; unser Gehirn erkennt in allen biologischen Formen vertraute Prinzipien wieder, und doch geht ein technisch-kommerziell eingegrenzter Funktionalismus am Wesen der Schöpfung vorbei. Er reicht nicht aus, die Vielfalt und Schönheit der Natur zu erklären, denn:

Die Zahl der Formen ist größer als die der Funktionen.

Allein Costa Rica hat 1400 Orchideenarten, deren tausenfältige Blütenvielfalt auch nichts anderes erreicht als ein Gänseblümchen - nämlich die Bestäubung. Es muß im Leben doch nicht alles funktional sein, soferne es nicht antifunktional, also funktionsstörend ist, (das heißt: Geduldet wird, was keine Überlebensnachteile bringt).

### **Die Natur schafft nicht wie ein Ingenieur, sondern wie ein verspielter Künstler.**

Am deutlichsten wird das "spielerische Formenwerfen" der Evolution dort erlebbar, wo die Natur kunst-analoge Werke schafft, also kommunikative Zeichen setzt, ästhetisch lockt und "Werbegraphik" betreibt. Der Begriff "analog" meint hier "funktionsgleich" (im Unterschied zu "entstehungsgleich", "homolog") -- denn wie definiert die moderne Humanethologie die Bildende Kunst (und nicht nur diese, auch die Darstellende Kunst)? "Gestaltung mit Ausdruckswillen" (bei Eibl-Eibesfeldt "Einsatz ästhetischer Mittel im Dienste der Kommunikation").

Diese Definition trifft auf den Großteil künstlerischen Schaffens aller Völker und Epochen zu. Selbstverständlich müssen daneben -- besonders für das 20. Jahrhundert -- noch andere Kunstauffassungen gelten. Aber hervorragende

Werbegraphik wäre in diesem Kontext "Kunst" -- und die Entwicklung visuell (oder akustisch) "starker" Zeichen und Signale in der lebenden Natur in diesem Sinne "künstanalogue".

### **SCHÖNHEIT ALS FUNKTION**

Bei Sonnenblume und Orchideenblüte, Schillerfalter und Tagpfauenauge, Flaggenbuntbarsch, Neonsalmmler, Clown- und Picassofisch, Farbfrosch und Feuersalamander, Eisvogel, Mandarinente und Ara ist Schönheit nicht Nebenprodukt von Funktion: Hier wird Schönheit zur Funktion - denn nur das "starke" optische Signal kann Locken und Warnen - sogar über Artgrenzen hinweg.

Und kein anderes Organ - und sei es noch so wichtig - darf die ästhetische Funktion (heißt hier starke visuelle Wirkung) stören. Eine scheinbar totale Umkehr des funktionalistischen Dogmas, daß Form der Funktion zu folgen habe. Denn, daß man Schönheit um der Schönheitwirkung willen schaffe, galt lange Zeit als überholt. Wiewohl auch dies nur an der Oberfläche galt. Die tieferen Antriebe der Neuen Sachlichkeit waren nämlich stets alles andere als sachlich. Dies zu erkennen, gewährt uns erst die historische Distanz.

Die These „Kunst als Ästhetik mit Kommunikation“ gilt auch für die Architektur. Neben der ästhetischen Faszination der Megakuben aus Glas und Metall (obzwar auf die unterste, primitivste ästhetische Empfindung abzielend) spricht ihr „Technobrutalismus“ eine künstlerische Sprache -- eine Botschaft vermittelnd, die einst viele Techniker berauschte - genau jene Botschaft, die wir heute nicht mehr ertragen: Ausdruck von Präpotenz, welche die Machbarkeit aller Lebensbereiche zugrunde legt, an den Endsieg der Technik über die Natur glaubt, ohne zu begreifen, daß wir uns dann auf der Verliererseite wiederfinden würden - pathetische Formensprache des Zeitgeistes der 60er und 70er Jahre, eines Zeitgeistes, der dieser Biosphäre nur allzu bald das Leben kosten könnte.

### **DIE NEUE DÜRFTHIGKEIT**

Bereits in seinem 1948 geschriebenen „Verlust der Mitte“ sah der Kunsthistoriker Hans Sedlmayr den Tick einer ganzen Architekturgeneration voraus, wie sie Merkmale von Maschinen, Eisenbahnwaggon, Flugzeugen, auf Häuser überträgt, Heizungsrohre und Lüftungsschächte, hochglanzpoliert, als beherrschende Gestaltungselemente zur Schau stellt. Kahle Nacktheit wird zur Tugend - "Pathos des Sachlichen". Die Vergötzung von Maschinenteilen am Bau als künstlerische Fratze der Technokratie. Anbetung des Zwecks - Verlust des Sinns. ("Technology is the answer - but what was the question?").

### **ZWISCHENBILANZ**

Bestimmte visuelle Eindrücke gelten in verschiedensten Kulturen übereinstimmend als "schön". Sie sind in Schmuckdesign, Bildender Kunst und Werbegraphik erfolgreich, z.B. Blüten und Schmetterlinge (Werbegraphik der Natur mit Radiär- und Bilateralsymmetrie und plakatifarbigen Kontrast), Spiegelsymmetrien, Kaleidoskope, Kristalle, rhythmische Wiederholung, spektrale Farbfolgen (von irisierenden Strukturfarben bis zum Regenbogen), Faszination des (scheinbar) Unnatürlichen (z.B. Geometrie, Metallglanz, Leuchtorganismen). Was haben diese Elemente gemeinsam ?

1) Simple Ordnungen, Spiegelsymmetrie, Radiärsymmetrie, Geometrizität, auffallend durch Kontrast und Seltenheit, einprägsam durch Einfachheit. Diese bereits auf augenorientierte Tiere und Kinder stark wirkenden Prinzipien sind seit längerem erkannt (z.B. E. Haeckel, E. Gombrich, I. Eibl-Eibesfeldt, B. Lötsch).

Doch erklären diese nicht die Schönheit von Flußmäandern, Bergen und anderen Erosionsformen, Faltenwürfen, Strömungsbildern und Stromlinienformen, Pflanzengestalten mit ihren Verjüngungen und Verästelungen, Farbschlieren in einer Kuvette und Regenbogenspektren.

Dies führte zu scheinbar unüberbrückbaren Konflikten zwischen Schönheitssuchern verschiedener Schulen. Die einen betonten die Bedeutung strenger Ordnungen für Ornament und Architektur (das griechische "Kosmos" steht für Ordnung ebenso wie für Schmuck, Verschönerung, welche letztere Bedeutung noch in „Kosmetik“ weiterlebt). Die Gegenposition hielt Hundertwasser mit seiner These von der "gottlosen Geraden" und seiner fast kompromisslosen Anbetung des Unregelmäßigen als Basis organischer Schönheit. Ernst Haeckel wunderte sich bereits in seinen "Kunstformen der Natur" (1899-1904), daß alle von ihm als hochwirksam erkannte ästhetischen Prinzipien wie Symmetrie und Geometrie ausgerechnet in der ästhetischen Betrachtung von Landschaften versagen, ja Geometrie und Gerade dem feineren Geschmack ästhetischer Betrachter in der Natur unerwünscht sind.

Der gemeinsame Nenner, so das Ergebnis dieser Studie findet sich in einer konsequenten Weiterführung von Ansätzen der Evolutionären Erkenntnistheorie:

## 2) Ablesbare Gesetzmäßigkeiten – erkennbare Spuren formender Kräfte

Die über simple Ordnungen und Kontraste hinausgehenden Elemente der „höheren Ästhetik“ wirken auf die Fähigkeit des Menschen zum "denkenden Schauen", die ihn zum Erfolgstyp der Evolution werden ließ: sein rastloseserspüren von Ursache und Wirkung, seine Suche nach Gesetzmäßigkeiten, nach Sinn und Bedeutung aller Erscheinungen. Sie verlieh diesem Werkzeug- und Feuerraffen Macht - nämlich Vorhersagbarkeit. Seine Umwelt wurde prognostizierbar - damit beherrschbar. (Das Erkennen von Causalität ist einer der Schlüssel).

Gestalten, welche die Wirkung formender Kräfte verraten, erzeugen in ihm Wohlgefallen - sei es die ablesbare Statik von Pflanzenkörpern, eleganten Brücken oder Kathedralen, die ablesbaren Stromlinien von Fischen, Schiffen, Vögeln und Flugzeugen, seien es die Wechselwirkungen von Wind und Sand in den Dünen der Sahara, Faltungen von Stoffen, ja von geologischen Schichten zu Gebirgen, seien es die rhythmischen Schlingen eines Flußmäanders, seien es die gesetzmäßigen Farbfolgen eines Regenbogens, sei es das erahnte Gesetz logarithmischer Spiralen, die zugleich Wachstumsgesetze ausdrücken können, sei es als simpelster Sonderfall des Gesetzmäßigen die ablesbare Ordnung geometrischer Gebilde und Symmetrien oder als komplexer Fall erahnter Ordnung die (errechnete!) Schönheit fraktaler Computergraphiken.

Die Befriedigung unserer Ordnungssuche ist am höchsten, wenn unser Wahrnehmungsapparat dabei Unregelmäßigkeiten und Störungen wegfiltren, wegrechnen mußte, um das reine Prinzip herauszudestillieren. So ist Rhythmus (die Wiederholung von Ähnlichem) reizvoller als Stereotypie (monotone Wiederholung von Identem). Am interessantesten sind optische Erlebnisse, an der Grenze von Ordnung zum Chaos, wo Vorhersagbares in Unberechenbares umschlägt.

## **Augenwesen Mensch**

Der Mensch kann durch visuelle Schlüsselreize, Auslöser, überoptimale Attrappen in der Verkaufswerbung beinahe beliebig manipuliert werden, solange er nicht durch Bewußtmachung der ethologischen Grundlagen psychische Gegenstrategien entwickelt.

Das Auge des Menschen ist aber nicht nur Reizempfänger, sondern auch Sender, es kann nicht nur sehen, sondern schauen, es ist Sinnes- und Ausdrucksorgan zugleich. Nicht von ungefähr heißt unser Antlitz "Gesicht". Die starke Wirkung von Iris und Pupille wird in Gebrauchs- und Werbegraphik für Firmenzeichen und Signale und meist unbewußt auch in Motiven der Volkskunst vielfältig eingesetzt.

Das englische Wort "window" heißt wörtlich übersetzt "Wandauge" (Wand kommt von winden – wie auch das Wort "Gewand", weil die Hausmauern ursprünglich meist Astgeflechte mit Lehmverputz waren), das alte Wort "ow" für Auge lebt auch wohl noch in "owl", der Eule, einem der ausdrucksvollsten Augentiere weiter. "wandauge" erinnert an die Ausdruckskraft von Fenstern, wie ja überhaupt "Fassade" von face - Gesicht – kommt. Die menschliche Fähigkeit zum Gestaltsehen sieht dann auch in Hausfassaden Physiognomien, die freundlich oder abweisend sein können, Formwerte, die von der Architektur des 20. Jhdts. grob vernachlässigt wurden - ein weiterer Aspekt des Verlustes menschlicher Maßstäbe.

## **UNBENANNTES ZÄHLEN - GESTALT STATT RASTER**

Eine Eigenschaft, die der Mensch mit anderen Kleingruppenwesen teilt, ist seine Fähigkeit zum "unbenannten Zählen": Dohle, Eichhörnchen oder Mensch können gleichermaßen fünf, sechs oder sieben Punkte auf einen Blick unterscheiden, ohne zu zählen.

Die Ansammlung gleicher Elemente über die Zahl neun hinaus erfordert Nummerieren und Abzählen (oder Anordnung in Gestalten - vgl. 8, 9, 10 auf Spielkarten). Die stereotype Wiederholung - etwa gleicher Bauteile über die Zahl 9 hinaus (schmucklose, monoton gerasterte Fassaden) - führen bei Tier und Mensch in ähnlicher Weise zu Orientierungsverlust.

Nirgendwo in der Natur gibt es die Wiederholung völlig identier Fertigteile wie im Industrielieu. Jedes organisch gewachsene Element ist prinzipiell einmalig, Baumgestalten sind mitunter ausgesprochene Orientierungspunkte.

An technischen Großstrukturen hingegen, etwa an horizontal aufgehängten Sprossenleitern, kann man beobachten, wie sich Tiere durch die Stereotypie irren - dieselbe Amsel etwa beginnt an verschiedenen Stellen nebeneinander mit dem Nestbau, aber auch Kinder in modernen Berliner Mietskasernen oder normierten Reihenhaussiedlungen Finnlands hatten Schwierigkeiten, heimzufinden. Berliner Kinder halfen sich in einem näher untersuchten Fall damit, die vor den Eingängen stehenden Mülltonnen zu durchwühlen, da sie den elterlichen Haushalt an den Abfällen erkannten.

*„Massenbehausungen zu Hunderttausenden... die nur an ihren Nummern voneinander unterscheidbar sind und den Namen 'Häuser' nicht verdienen, da sie bestenfalls Batterien von Ställen für Nutzmenschen sind,...“* (Lorenz, 1973, S. 23).

### **ÄSTHETIK ZWISCHEN NATUR UND KULTUR**

Die Natur unserer Ästhetik verlangt keineswegs nur nach der Ästhetik der Natur! Deshalb kommt man in der Bio-Ästhetik mit einer "Ideologie des Natürlichen" nicht sehr weit. Sie bleibt immer nur Teil der Wahrheit. Der andere Teil der Wahrheit ist der Reiz des Raren, die Anziehungskraft des Unnatürlichen, Künstlichen. Die Natur selbst bedient sich oft sogar ausgesprochen "unnatürlicher" Effekte, um Aufsehen zu erregen: Von „metallischen“ Interferenz- und Schillerfarben bis zur "Lichtreklame" von Leuchtorganismen.

Eben weil uns Kristallisches, Metallisches und Geometrisches als Kontrast zum Organischen seit jeher so fasziniert, sind uns diese Elemente technokratischer Architektur über den Kopf gewachsen (sie appellieren an die unterste primitivste Ebene ästhetischen Empfindens)

Der Pendelschlag zum Organischen ist heute eine lebensnotwendige geistesgeschichtliche Reaktion auf dem Weg zu einer neuen Baukultur. Sie wird aus einer Neubewertung des Handwerklichen, einer neuen Ehrfurcht vor der Natur um uns, Kenntnis der Natur in uns und Respekt vor den zeitlosen Werten gewachsener Kulturen kommen müssen, denen wir letztlich unser Menschsein verdanken. Denn - wie definiert Konrad Lorenz (mit Arnold Gehlen) den Homo sapiens?

### **Als "Kulturwesen von Natur aus".**

Damit ist er auch das Wesen mit dem fallweise natürlichen Hang zum Unnatürlichen.

Während eine rettungslos rückständige Avantgarde die Schönheit fürchtet, wie der Teufel das Weihwasser, weisen K.Lorenz, E. Gombrich, I. Eibl-Eibesfeldt und die neuen Aspekte dieser vorliegenden Arbeit den Weg zum Verständnis wesentlicher "Vokabeln des Schönen", die jeder Planer und Designer, Marketing- und PR Stratege kennen sollte - während sich Architekten in einer trotzig Subkultur technoider Minimalisten einigeln und das unter Verbrauch von Milliarden und Zerstörung gewachsener Urbankulturen.

Motto: "We live only to discover beauty.  
Everything else is a sort of waiting"  
(Khalil Gibran)

## THE CONFLICT ABOUT BEAUTY – AESTHETICS BETWEEN NATURE AND ARCHITECTURE

**Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe, Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien (Österreich)**

The creed of all marketing and public relations strategists, the meaningful AIDA (Attention, Interest, Desire, Action), an abbreviation for all that which is intended to arouse the consumer, rests on the fact that the human being, the most highly developed visual creature in all evolution, can be decisively manipulated by means of visual stimuli. Which are the most effective optical signals? Which are able to attract attention? In experiments, it is taken as a criterion for aesthetic effect if eye-oriented animals or even children turn to a certain visual object.

*Aesthetics* comes from the Greek *Aisthesis* = sensitivity, and can also be seen in *anaesthetic* – means to render insensitive. Certainly, sensitivity is unequally distributed – it can be encouraged, but sadly, it can also be suppressed. So did Nature give us our inborn elements for our sense of beauty? Are there standards for beauty which are not solely individual taste or solely cultural?

The question is all the more interesting because there do exist such different cultural preferences: is there such a thing as a trans-cultural accord about beauty – a general human aesthetic sense? (Human universals of aesthetics – a common denominator for our sense of beauty).

I do not comment on the sense of beauty of a glutton as he feasts his eyes on a pink ham, or of a sailor as he observes a buxom maiden, of a male chimpanzee considering the estrogen-enhanced behinds of his mates, or of a jockey as he spots a muscular race-horse. These preferences have their roots in the satisfying of animal drives and in functional lust. Hiding behind these aesthetic feelings are interests. Kant's definition of aesthetic feelings, on the contrary, was "a visual satisfaction of a pleasing sight, free of interests" - that jumps out at one, although we can expect no advantage from the object of our attention, no satisfying of our drives – where the only reward is the pleasing sight itself, such as a flower, a butterfly, a peacock's display, crystals or a rainbow.

This study was prompted by the alarming uglification by our global techno-civilisation. As an urban ecologist, this subject has interested me for the last 30 years.

An urban ecologist wanders between biology and architecture. He seeks aesthetic reasons that do not spring only from his subjective taste. The question of how much the world view of ethology (behavioural research) can contribute to the problem of beauty has fascinated me ever since I first got to know Konrad Lorenz.

### HOW "GODLESS" AND IMMORAL IS THE STRAIGHT LINE or BETWEEN CHAOS AND ORDER

The final impulse to search for the inborn source of our sense of beauty came from the friendly, though skeptical, discussion of Hundertwasser's aesthetically inspired criticism of architecture – his demonization of right-angled boxes and technical monotony.

His favourite hates were Adolf Loos, Mies van der Rohe and Le Corbusier – still considered by today's architects to be great designers of form. In Hundertwasser's opinion they ruined form, because they impoverished the shape of buildings and cityscapes and made them unbearably monotonous. Hundertwasser wrote:

The ruler is the symbol of a new illiteracy, the ruler is the symptom of the new disease of decline. The architecture of today is criminally sterile. This architectural crime spread out from Austria to the rest of the world, the Austrian Adolf Loos committed the evil deed. But Adolf Loos was incapable of thinking 50 years ahead. Now the world cannot rid itself of the spirit he conjured up...he praises the straight line, the sameness, the smoothness. Now we all slip on the smoothness. The Almighty slips too and falls, for the straight line is godless and immoral. Hundertwasser, 1968, Los von Loos, In. *Schöne Wege*, page 174.

Are irregularity, chaos, crooked lines, and anti-geometry really a recipe for beauty? What makes an artist who is sensitive to Nature demonize the straight line, if he is looking for a world of shapes that is fitting for humans?

### **MAN, THE CREATURE OF NATURE, “Evolutionary Epistemology”**

*“Wär’nicht das Auge sonnenhaft, die Sonne könnt’ es nie erblicken” (Goethe)*

The evolutionary theory of cognition developed by Konrad Lorenz states that our image of the world arose out of a dialogue with Nature, and is adapted to it as are fins to water, as are wings to air, leaves to light or roots to earth, as otherwise eyes and ears, hands and brain could not function, operate or guide us in order to survive. This adaptation dialogue between the Nature around us and the Nature within us has been going on for millions of years, has formed every fibre of our being, from the retina to the nervous system. Thus, deep inside, Man has remained terribly old-fashioned, carrying around with him the traces of his biological evolution, which took place only in the natural environment and in the social associations of small groups. So, even today every baby is born with the instincts of Cro-Magnon man (“Stone Age hunters in limousines”).

The self-inflicted estrangement of the environment is running out of man’s control, away from human adaptation patterns that have evolved over millions of years, now causing him to become more and more neurotic. If it were possible to shrink 30 million years of primate development into the space of one year, from our first ape-like ancestors up to Homo sapiens, then on this scale of things the period since the industrial revolution would take up no more than the last 2 minutes of this hypothetical “primate year”.

Constitutionally, Man is adapted to a highly structured landscape with a great variety of plant life, especially savannah with groups of bushes and trees, and water edges. Eibl-Eibesfeld (1985) even speaks of a distinct “*Phytophilia*” (a love for plants) – wherever he can, Man takes plant forms into his immediate environment, either as living plants in the modern living cave or – artistically encoded – from the acanthus capital of Corinthian columns up to the floral decoration of Art Nouveau. It was only when functionalism banned plant-like ornamentation from architecture that Man, the ancient creature of Nature, began to feel that something was missing.

### **HOW MUCH NATURE DOES MAN NEED? DOES HE NEED NATURE?**

Psychologists blame the increase in nervous and psychological disorders of civilisation on the often unconscious shock of losing Nature. This is even more important now that it is known that most diseases have a mental component. This fits the words of a Viennese family doctor: “*My life’s experience is that a healthy person does not become ill*”. The prominent representative of the Viennese school of psychosomatic medicine, Erwin Ringel also says no less succinctly: “*What hurts the feelings hurts the health*” (“*Was kränkt macht krank*”). An intensive involvement with Nature can reduce stress, increase powers of concentration, harmonise blood-pressure and mood, as well as relax tension. The landscapes of national parks contribute to reducing the “mental starvation” of industrialised man – they are not only “biotopes” but also “psychotopes”. The German photographer Ehlert supplies hospitals with posters from the last European wildernesses – among them the Danube wetlands - and the doctors observe a marked positive effect on their patients.

### **PROPOSITION: NATURAL FORMS AS VITAMINS FOR THE SOUL – THE GODLESS STRAIGHT LINE**

One could live for years in the environment of a native of Papua or of the Amazon without seeing any “godless” straight line – even in mid-European landscapes when a straight line is seen, one can be sure that human technology has made its alienating mark here. And apart from this, the ecologist knows that these straight lines always become instruments of the devil.

The dead straight trapezoid section of the artificial beds of regulated streams have placed dead rivers in concrete coffins, barren channels or gutters that not only offend the eye, but are also functional failures (lacking sufficient self purification, lowering ground water levels and – being a race course for flowing off instead of retarding it –flooding the settlements. But this ecological criticism of straightness is only a late confirmation of the artistic feeling of the unnaturalness of techno-geometric perfection, the justification of an intuition which suspects that the structures of life are basically expressed in other forms – so that thousands of generations of humans before us grew up in an organically determined environment, lived, loved and died, never encountering a perfect straight line, perfect symmetry or even large shiny geometrical shapes.

But what conclusion may we draw from this?  
Is it not futile in spite of all this, to deny the fascination of geometrical objects?

### **COUNTER-PROPOSITION: THE CHARM OF REGULARITY - GODLY GEOMETRY**

Did not the Egyptians, with their pyramidal world wonders, fulfill a dream of Man? Is the glass pyramid of Biosphere 2 not an aesthetic wonder in a New World desert? Is this a contradiction? Even Nature produces, where she has to arouse interest, optical signals, clear forms which contrast with organic irregularity and confusing chaotic structures. Suddenly we observe strict symmetries, simple arrangements and marked coloured patterns. (The biologist calls this “advertising colours”).

And because the usual situation in nature is irregularity, instinctively familiar to all visual creatures, it needs to have a clear order as a contrast, in order to arouse interest. This is why all visually-oriented organisms feel familiar with irregularity - they are however attracted by geometrical order (and this is why megacrystals of technomorphic large-scale architecture begin to overwhelm us, being super-perfect dummies of our search for order).

### **Mirror Symmetry, Flowers and Rosettes**

One of the most successful aesthetic effects is achieved by means of symmetry, in particular radial symmetry, as in the radially arranged petals of flowers or the radial monstrose of the peacock's display (which also includes “eye symbols”, similar to those on many a butterfly's wing). Reflections in water are a favourite subject for landscape photographers, kaleidoscopic pictures fascinate us, as do Gothic rose windows.

The glory of flowers is Nature's way of dressing the shop window – developed by competition in evolution in order to attract insects – and this is why it is so interesting in natural philosophy that optical signals, with their purpose of attracting the attention of the compound eyes of passing nectar seekers with their pin-head sized brains, also irresistibly attract humans who have quite a different sensory world. But as we know, it is a misfortune for wild flowers that humans find pleasure in them. On the other hand the attraction to, let us say, an orchid bloom has no material advantage for humans. Or what biological advantage could their tendency to pick flowers have, what is the reason for the keenness of children to amputate the sexual organs of higher plants and to carry them home? Here we find the general aesthetic principle that orderly colours and forms are preferable to a disorderly or less differentiated environment. There the sense of beauty is the only reward – as is the Kaleidoscope. Any element – also the most trivial or even ugly one – is becoming an irresistible eye catcher the moment it is mirrored and symmetrically radialized, clearly an innate reaction of eye orientated animals.

The eye – universal signal among all eye orientated animals, including man

Lorenz describes the principle of the ideal visual signal in his *Vergleichende Verhaltensforschung* (1978) (Comparative Ethology) as *Prägnanz* (conciseness) (a term used by Felix Krüger). This means: conspicuous and unmistakable through improbability (the attraction of the rare). Easy to remember by their simplicity, signals must be easily stored in the memory as “trade marks” (in part also in the genome of inborn knowledge – like when a newly matured female mallard spies, for the first time in her life, a colourful drake of her species and knows instantly and instinctively that those colours indicate a potential mate).

### **THE SEARCH FOR ORDER - inborn in the visual creature**

The above also explains why visually-oriented animals actively seek aesthetic order. In experiments where monkeys, raccoons, jackdaws and crows are given the choice, B. Rensch (1957, 1958) shows that animals prefer regular forms to the irregular, and symmetry to the asymmetrical. Also children rank such patterns aesthetically higher than chaotic, asymmetric or non-parallel patterns.

Furthermore, our perception strives to order visual phenomena. If the eye is shown for the fraction of a second a triangle of which an angle is missing, it is perceived as a perfect triangle. Asymmetry and other irregularities in simple geometric figures are cancelled out by our perception. We complete, i.e. we idealise, in order to achieve regularity and symmetry.

The fascination which regular crystals hold for us - the more regular the prisms the more valuable for the collector – can be explained by just these areas of our perception. Dürer's well-known engraving “Melancholy” (1514) – beside its

hidden meaning –is significant for the interesting contrast between the almost geometrically perfect crystal and the organic forms of the late Middle Ages (One of these crystal planes was chosen by the Albertina to carry the title for an exhibition poster).

19<sup>th</sup> century explorers often reported that primitive indigenous populations were irresistibly attracted to phenomena that was rare for them; that the explorers could obtain from the natives all they wanted in exchange for worthless cut-glass beads.

I asked I. Eibl-Eibesfeld and C. Sütterlin to carry out some experiments with children of tribal people (Nuba) to choose between crystals (pyrites, glass) and organic forms (pretty sea-shells, small model animals). They found an overwhelming preference for the inorganic shining geometrical crystals. The children chose just those rare objects which Nature only offered them as an exception, if at all.

It can be very sensible to react to the rare object. Everything that tasted sweet gave our wild ancestors, without them knowing it, a supply of vitamins. Nature signals sweetness by shininess, roundness or by contrasting colours (cherries, berries, even the red berries of yew, the only edible part of this poisonous conifer).

The search for salt, which our primate ancestors only seldom found, complemented their blood ions and assured the sodium to calcium and potassium ratio in their body fluids (like today's salt licks for wild animals). However, whatever man craves, easily becomes a craving (what he seeks may become an addiction). Nowadays salt is cheap and easy to obtain. According to heart specialists, civilised Man sometimes makes himself ill by consuming too much salt. Equally, in the view of dieticians and internal medicine specialists, Man also eats himself sick on refined sugar. And in the same way we overeat ourselves today on geometry, on the "godless straight lines" which the industrial age has enabled us to construct perfectly and without limit.

This is what Hundertwasser has to say about this:

*"It should be at least morally forbidden to even carry a straight line with one. The ruler is the symbol of a new illiteracy....Not long ago it was the privilege of kings and learned men to own a straight line. Nowadays every idiot can carry a million straight lines in his trouser pocket."* (He had counted the straight lines on an industrially produced razor-blade under a microscope)

Hundertwasser, 1958, *Verschimmelungsmanifest In: Schöne Wege*, pages 165 ff.

Already in 1958 the artist recognized that worshipping machines, industrial design and technomorphic architecture had built a gigantic cage of geometry for our senses. That which Nature offers in small doses as an exception, in only a few decades we have made it into the ordinary for our visual environment. The rare has become the rule; the former interesting unique phenomenon has become the boring imagination-stifling mass product. The fascinated native reaching for the glass beads would very soon tire of the huge glass prisms and shiny metal cubes and wish to return to his familiar wilderness. And even Man in this industrial age takes more and more jungle plants and epiphytes into his technoid crystal halls. The city child on the 11<sup>th</sup> floor of his monotonous high-rise building dreams, like all children before him, of a crooked gingerbread house, moss and woodland gnomes.

### **Irregularities as "chewing-gum for the brain"**

The tension between order and chaos rules our visual environment, just as the tension between culture and nature dominates our whole being. Our perceptive powers are in search of lawful patterns and orderly arrangements, just as they automatically convert the almost-complete into geometric perfection: this is an admirable ability of our brain-computer, constantly scanning to detect significance (similar to the ability to see forms in clouds and mountains). If our perceptive powers are offered perfect geometry and an abundance of stereotype repetitions, they get bored. The eye and the brain then lack the intriguing challenge otherwise offered by slight irregularities.

### **RHYTHM versus STEREOTYPE**

The rhythmic repetition of similar (but not identical) parts is an important principle of biological construction and a characteristic of life – just think of cell structures, of caterpillars, of feathery leaves – rhythmic repetition is often also used as a visual signal in order to attract attention (such as the stripes on coral fish, wasps, and many others).

It is for this reason that animals and humans react positively to such structures, and repetition became the design principle in decorative art, from the string of pearls to the classical ornament of the “running wave” (the “Greek key”), or the stitched borders used by ethnic cultures of all times. Rows of columns, arcades, avenues of trees, men on parade, can-can dancers, all these express the formal pleasure of rhythmic repetition. However, nature and handwork always guarantee a slight irregularity, uniformity never becomes monotony, organic rhythm never degenerates into technical stereotype. Variety in the uniformity was sometimes cultivated on purpose – think of the varying capitals in the cloisters of the Middle Ages.

It was only mechanical mass production that made exact repetitive reproduction possible, which nature and handwork had only approximately achieved, without ever succeeding. So proud were we of this result, and so great was the economic success, that for a long time we did not notice how we were impoverishing our visual environment, how cold and impersonal everything around us was becoming.

It is only today, forty years after Hundertwasser’s first protests against the fatal sterility, equality and smoothness, against the deadly monotony of industrial mass production, that some of us began to wake up from the anaesthesia of stereotype. Even the makers of industrial cement roof tiles are beginning to produce these with an artificial patina, using randomised computer programmes, in order to make them more acceptable for historical townscapes.

#### **WHY DO WE FIND GOTHIC ART BEAUTIFUL?**

If the builders of breathtaking Gothic structures had had to wait until it was possible to calculate them with the aid of structural engineers, there would have been no Gothic cathedrals. Long before mathematical statics were invented, Gothic masters had found impressive static solutions by developing “architecture of lines of force” of organic skeletal forms (we see these everywhere in Nature where it is important to achieve maximum stability with the minimum of material). An artistically stimulating analogy are the radiolaria, unicellular marine plankton no larger than specks of dust, described by Ernst Haeckel in his “Art Forms of Nature”, appearing as if they had been the inspiration for Gothic master builders. Because of their floating way of life these siliceous scaffolds are as delicate as possible – which was also the aim of cathedral stonemasons, to make their stonework as light as possible. “Light” meant “bright” at the same time. Their motive was based on the “mystics of light” emerging at that time, with the idea of making the interior of the church – magically bathed in light – a representation of the heavens. Stone had to become transparent. Abbot Suger called the basic theme of his architecture “Bâtir avec la lumière” (building with light).

A polished section through a thigh bone shows in its interior the lines of force of the pointed arch architecture of Gothic church naves. Of course, “gothic” lines of force constructions also apply to many plant structures – such as sections through stems that look like the ground plan of a tower. A beech wood closing over a road gives the impression of a cathedral.

The fascinating correlation between natural objects and the works of man comes from following laws of organic form and function, intuitively realised by the master builders through their conscious and unconscious experience of nature and then applied to their architecture. These perceptible statics are also the reason for their aesthetic attraction.

Organic beauty: Observing and thinking, our brain detects the significance of order within chaos. The ability to observe, to make sense of everything that one sees, has made the human being the most successful creature in evolution. His constant search for cause and effect, his search of set patterns, of sense and meaning in all phenomena. It was the recognition of regularity and lawfulness that gave this tool-and fire using ape power – namely to predict. The reactions of his environment became predictable and could therefore be mastered and made use of. Forms which reveal the effect of forming forces give him great pleasure, whether it is the evident static of plants, elegant bridges or cathedrals, the perceptible streamlines of fish, ships, birds and aircrafts, the interlude of wind and sand in the gentle slopes of dunes in the Sahara or the rhythmic loops of a meandering river, the regular colour spectrum of a rainbow or the suspected laws behind logarithmic spirals, also the golden section which also applies to describing growth rates; the evident principle of order of geometric bodies or the calculated undeniable beauty of fractal computer graphics.

The culmination point of satisfying our search for order is reached by the challenge of our power of perception: our brain computer has to filter out irregularities and faults, has to subtract them in order to distil from them the pure

principle. The optical experiences are the most interesting where order is situated on the border to chaos, where total predictability ends. The actual attention seems to begin where the predictable tips into the unpredictable.

In principle a tree, a river delta, a network of veins, the branching of the bronchial tubes are like a slowed-down flash of lightning – slowed down by a factor of 10<sup>6</sup> but extremely similar in its branching and how it fills a given space. They are all fractal forms – they follow the principle of self-similarity. That is, the smallest branchlet is similar to the whole, the single twig to the whole crown – even a forester could be deceived if one took a branch from a tree crown and stuck it into the ground like a sapling.

Since Benoit Mandelbrot (doing IBM research), we have been able to describe “deterministic chaos” mathematically. \*Deterministic, because it (often surprisingly) obeys a simple law.

e.g. :  $Z \rightarrow c \dots$  which, repeatedly applied in sequential steps (iterations), finally results in highly complicated forms of self-similarity – analogous to the sequential dividing steps and growth thrusts of living systems.

\*Chaos, because the fine details – the actual position of individual twigs – are in principle not predictable. Every forester recognizes the shape of the crown of an oak or of a poplar, but in principle it is impossible to say where, in 10 years' time, the crown of the young tree or every shoot will be situated because they are the consequence of much feedback.

Such fractal systems with a high degree of self-similarity can be used to solve the most difficult logistic problems – for example the oxygen supply to tissues and organs. In our bodies, no cell is further than 3 or 4 cells from the next capillary, although our blood vessels take up only 5% of our body volume. Our bronchial system, too, achieves an inner area corresponding to the area of a tennis court by fractal branching. Fern leaves and even inorganic powers, such as weathering or erosion, can also be fractally represented, so that mountains can be constructed on a computer: landscapes which have never existed, but which could very well have existed.

## THE BEAUTY OF FUNCTION

Without doubt beauty is also a “by-product” of function, principally in the realm of living things: our brain recognizes familiar principles in all biological forms. Nevertheless, functionalism limited to technical commercialism misses the essence of creation. It is not sufficient to explain the variety and the beauty of Nature, as the number of forms is larger than that of the functions. Here again radiolaria are a good example because the 4000 different species of delicate skeletons which Haeckel discovered (of which even 1100 were described up to now) do not represent 4000/1100 different mechanical functions, all of them freely floating in an homogenous environment. Costa Rica alone has 1,400 species of orchids, and their thousands of different blooms do not achieve more than a daisy, namely pollination. Not everything in life has to be functional, as long as it is not anti-functional or inhibits function (i.e. everything is permitted that is not disadvantageous for survival).

## Nature does not create like an engineer, but like a playful artist

Evolution's playful forming can most clearly be experienced where Nature creates works analogous with art, that is, makes signs to communicate, attracts aesthetically and employs “advertising”. The term analogous here means “similar in function” (as opposed to “similar descent in evolution which we call “homologous”) – for how does modern human ethology define fine arts (and not only those, but also the performing arts)? In Eibl-Eibesfeldt's words: “using aesthetic means in the service of communication”, or more generally “creating in the service of communication” (design intended to express something)

This definition applies to the larger part of artistic creation by all peoples and at all times. At the same time – especially in the case of the 20<sup>th</sup> century – other artistic opinions are valid. But excellent commercial art would be “art” in this context – and the development of visually and acoustically “strong” signs and signals in living Nature are analogous to art in this sense.

## BEAUTY AS A FUNCTION

Sunflowers and orchids, Purple Emperor and Peacock butterflies, Moorish idol (*Zanclus cornutus*), cardinal tetra (*Paracheirodon axelrodi*), clownfish (*Amphiprion sp.*), Picasso fish (*Rhinocentrus aculeatus*), poison arrow frogs (*Dendrobatidae*) and fire salamanders, kingfishers, mandarin ducks and parrots – their beauty is not a by-product of function. In their case, beauty becomes function, for only the “strong” optical signal can attract and warn, even other species.

And no other organ – no matter how important – can disturb the aesthetic function (in this case the strong visual effect). This seems to be a total reversal of the functional dogma. For a long time it was denied that beauty could be created for beauty's sake, even if this was only on the surface. The deeper motives of Neo-Functionalism were always anything but functional. It is only the historical distance that enables us to recognize this.

The proposition that art is communication also applies to architecture. Techno-brutalism is an artistic language – bringing a message that once irresistibly intoxicated many technicians, exactly that message that we can no longer bear to hear today: the expression of arrogance that believes in the final victory of technology over Nature, without realising that having defeated Nature, we will find ourselves on the losers' side. Techno-brutalism is the emotive formal language of the 1960s and 1970s, a spirit of the times which may very soon cost this biosphere its life. Plainness has become a virtue for the drawing-board prophets of profit. Idolizing of the engine-world in building design is the artistic grimace of technocracy, worship of machine elements the dictatorship of the utilitarian, and the loss of meaning, sense and spirituality. ("Technology is the answer – but what was the question?").

## INTERMEDIATE REVIEW

### Man, the eye-dominated being

1. Biospheric aesthetics: Man in search of order symmetry, rhythm, geometry, striking contrasts. In various cultures, certain visual impressions are generally agreed to be "beautiful". They are successful in the design of jewellery and ornaments, graphic arts and advertising, for example flowers and butterflies (Nature's advertising with radial and bilateral symmetry and striking colour contrasts), mirror images, kaleidoscopes, crystals, rhythmic repetition, spectrum colours (from iridescent structural colours to the rainbow), fascination of the (apparently) unnatural (e.g. geometry, metallic shine, luminescent organisms). As we share these preferences with eye-orientated animals, we tend to regard this level of aesthetic as biospheric. What do all these elements have in common? They impress our perception by Geometric order, mirror images, radial symmetry, prisms and crystals, conspicuous through their contrast and rarity. These principles, which have a strong effect on eye-oriented animals and children, have been known for a long time (e.g. Haeckel, E. Gombrich, I. Eibl E, B. Lötsch).

But this does not explain the beauty of river meanders, mountains and other erosion forms, wave patterns and stream-lines, plant forms with their branches and twigs, iridescent colours, the spectrum of a rainbow, the swirls of dye dropped into water, and the colour washes in a water-colour. This leads to apparently unsolvable conflicts between seekers of beauty of various schools of thought. Some emphasize the significance of strict orders for decoration and architecture (the Greek "*Kosmos*" means order, as well as decoration, beautification – the latter still to be found today in "cosmetic").

Hundertwasser took the opposite view with his thesis of the "godless straight line" and his almost uncompromising admiration of the irregular as the foundation of organic beauty. Ernst Haeckel, already in his "*Kunstformen der Natur*" (Art forms in Nature) (1899-1904) asked himself why all the aesthetic principles that he considered highly effective, such as symmetry and geometry, failed absolutely when trying to explain the beauty of a landscape, where fine taste rejects geometry and straightness.

The common denominator of all higher elements of aesthetic is beyond simple geometry and symmetries which we do not share with any animal. The conclusion drawn by our study is a consequent application of the basic assumption of the theory of evolutionary epistemology: (*Evolutionäre Erkenntnistheorie*).

### Man, the thoughtful observer

2. Noospheric aesthetics : Elements of higher aesthetics which go beyond simple orders and contrasts affect the ability of man to be a "thinking observer", which has allowed him to become the great success of evolution; his ceaseless hunt for cause and effect, his search for formative processes resulting from natural laws and forces, for the sense and significance of all phenomena. This view of his environment gave power to the tool- and fire-using ape, that is, the ability to predict. His environment became predictable and therefore manageable and usable (causality was the key).

Forms that reveal the effect of formative powers please him, whether it is the evident statics of plants, elegant bridges or cathedrals, the perceptible streamlines of fish, ships, birds and aircraft; whether it is the interplay of wind and sand

in the dunes of the Sahara, the rhythmic loops of a meandering river, the effects of weathering and erosion forming the shape of mountains, the regular colour sequence of the rainbow, or the suspected law behind logarithmic spirals (which are equally valid in describing growth rates); or whether it is, on a lower level, the simple order of geometric structures, symmetries or the much more complicated calculated beauty of fractal computer graphics.

Satisfying of our search for order is at its peak when our perception filters out or subtracts irregularities and faults in order to distil the pure principle. Thus, rhythm (repetition of similar elements) is more interesting than stereotype (monotonous repetition of identical elements). The most interesting are optical experiences, on the border between order and chaos, where the predictable tips over to the unpredictable, offering surprising impressions.

### **Man, the visual (eye-dominated) creature**

The human being can be manipulated almost at will by means of visual key stimuli, releases, super-optimal dummies in consumer advertising, as long as one does not develop psychological counter-strategies by being aware of the ethological basis. As the most visually-oriented creature of evolution, a man can be sexually stimulated simply by the sight, photo or even a caricature of a well-endowed female, while a male dog remains unaffected by the perfect image of a bitch when there is no appropriate odour.

The human eye is not only a receptor of stimuli, but also a transmitter. Not only does it see but it looks, it is at the same time a sensory and an expressive organ. It is not for nothing that the expression on our face is also called a "look". The strong effect of iris and pupil is often used in commercial and advertising art, logos and signals, and usually unconsciously, also in folk art motives.

The word "window" comes from the Old Norse *vindauga* "an "eye in the wall" which was made of woven wands and clay. The old word "ow" for eye still survives in "owl", one of the most expressive visual creatures. *Vindauga* reminds us of the expressive power of windows, as does "facade" which comes from "face". For the human perception house facades may even be "friendly" or "cool", formal values which are sadly neglected in 20<sup>th</sup> century architecture – a further aspect of the loss of the human measure.

### **UNCOUNTED NUMBERS – "GESTALT" (SHAPE) versus STEREOTYPE**

A characteristic that humans share with other creatures that live in small groups, such as jackdaws or squirrels, is the ability to distinguish five, six or seven points at one glance without counting them. A collection of identical elements of a number higher than nine requires numbering and counting (or arranging in shapes – see the 8, 9 and 10 on playing cards). The stereotypical repetition, such as more than nine identical building elements (in facades), causes loss of orientation in men and animals. Nowhere in Nature can one find the repetition of completely identical prefabricated elements as in an industrial environment. Every organic element is in principle unique, tree shapes may be excellent for orientation.

As far as repetitive technical structures are concerned, such as ladders suspended horizontally, it can be observed how animals are misled by the stereotype – the same bird (e.g. a blackbird) begins to build its nest at different spots close to each other. Children also, in modern apartment houses in Berlin or in identical rows of terraced houses in Finland, found it difficult to find their way home. In one case, children in Berlin would investigate the rubbish bins standing near the entrances because they could recognise their home by means of the family's rubbish.

*"Hundreds of thousands of mass housing are built, which can only be told apart by means of their numbers, and do not deserve the name "house", they are rather more chicken batteries for domesticated man,..."*  
(Lorenz, 1973, page 23)

### **AESTHETICS BETWEEN NATURE AND CULTURE**

The nature of our aesthetics in no way demands only the aesthetics of Nature! This is why, in the case of bio-aesthetics, an "ideology of the natural" is not far-reaching; it is always only a partial truth. The other part of the truth is the stimulus of rarity, the attraction of the unnatural, the artificial. Nature itself often even uses absolutely "unnatural" effects in order to attract attention, ranging from "metallic" interference- and shimmering- colours to the "neon lights" of luminescent organisms. And because the crystalline, the metallic and the geometric have always fascinated us as a contrast to the organic, these elements have overwhelmed us.

The pendulum swing towards the organic has become a vitally necessary reaction on the way to a new culture of building. It will come from new regard for craftsmanship, a new respect for the Nature around us, an acknowledgement of the Nature within us and respect for the timeless values of cultures developed with the accumulated wisdom of hundreds of generations, to which we owe our being humans.

So, how does Konrad Lorenz (with Arnold Gehlen) define Homo sapiens?

A “cultural being by nature”, so that he is also a creature with an occasional natural preference for the unnatural.

While a hopelessly antiquated avant-garde fears beauty like the devil fears holy water, Lorenz and Eibl-Eibesfeld and their school have for a long time been pointing the way to understanding the important “vocabulary of beauty”, which should be familiar to every planner and designer, marketing and public relations strategist, while architects burrow themselves into a defiant sub-culture of techno-minimalism, costing millions and destroying historic urban cultures.

One of the most important lessons to be learned from human behavioural science (ethology) is an innate preference for plants. Vegetation does not only mitigate today’s urban climate – but much more: vegetation has to mitigate today’s urban architecture... green plants not only provide health factors to our body, they may become vitamins for our soul.

Prof. Dr. Bernd Lötsch, Biologe,  
Generaldirektor des Naturhistorischen Museums Wien  
Österreich  
bernd.lotsch@nhm-wien.ac.at

# ERDHÄUSER – LEBEN UNDER DER ERDE

## Peter Vetsch, Architekt (Schweiz)

Als Architekt beschäftige ich mich seit 1974, also über 30 Jahren, mit Erdhäusern. In dieser Zeit konnte ich mit meinem Büro über 40 solcher Erdhäuser realisieren.

Also wie der Name sagt „erdüberdeckte Häuser“, die begrünt sind.

Da die Erdüberdeckung und die Begrünung eines der besonderen Merkmale dieser Art von Häusern sind mussten wir uns von Anfang an mit den Problemen der Erdüberdeckung beschäftigen, die dafür notwendige Abdichtung der Dächer, den Anschlüssen an die Dachkronen, die Abtragung der Lasten und mit der Art der Begrünung und Bepflanzung, um nur einige Beispiele zu nennen.

Das erste erdüberdeckte Haus, das Haus Raven, konnten wir 1982 in Ascona realisieren.

Das Problem der Erdüberdeckung und Begrünung ergab sich aus den speziellen Anforderungen des Standortes des zu realisierenden Hauses.

Das Haus sollte im gepflegten Park einer bestehenden Villa gebaut werden. Um den Park zu schonen und möglichst viel von dem Park zu erhalten, rückte ich das zu realisierende Gebäude ganz an die Grenze des Parks mit dem Rücken zur Strasse. Damit konnte ich den Park in einer zusammenhängenden Fläche erhalten und ihn auch noch vor den Emissionen der stark befahrenen Via Lido schützen.

Das genügte mir aber nicht. Der Park war mir viel zu wichtig, als dass ein Fremdkörper, zwar nicht mittendrin, so doch an seinem Rand stehen sollte. Ich wollte das Gebäude, möglichst ganz in den Park integrieren und wollte dem Park zum Teil wieder zurückgeben, was ihm durch den baulichen Eingriff genommen wurde.

Damit wären wir beim 1. Postulat, bzw. der 1. Prämisse, nach der ich mich auch bei meinen späteren Bauten gerichtet habe: Ein Gebäude so viel wie möglich in die Umgebung, in die Landschaft zu integrieren und der Natur zum guten Teil wieder zurückzugeben, was ihr durch den baulichen Eingriff genommen wurde.

Eine Erdüberdeckung mit Begrünung schien mir dafür die beste Lösung.

Ich kann heute nicht mehr genau sagen, ob damals im Jahre 1981 die Dachbegrünungssysteme, unterschieden nach extensiver und intensiver Begrünung, so wie wir sie seit geraumer Zeit kennen, schon auf dem Markt und ausreichend erprobt waren, und ob ich sie für die Lösung meines Problems erwogen habe. Nehmen wir einmal an, das war so.

Eine extensive Begrünung, deren Vorteile wohl sind, dass bedingt durch den geringen Aufbau von Substrat, sie für die Belastung des Daches keinen statischen Mehraufwand bedingen, weil sie gleich schwer sind, wie ein Kiesdach, und dass sie pflegeleicht sind, kam für mich aus folgenden Gründen nicht in Frage:

1. Eine extensive Begrünung lässt nur bestimmte Pflanzengemeinschaften zu, seien es Flechten und Moose, oder bestimmte Gräser.
2. Der Vorteil, dass kein statischer Mehraufwand notwendig ist, zählte nicht, denn die Erdhäuser, als gewölbte Spritzbetonkonstruktionen, haben keine Probleme mit Mehrlasten, die sich aus der Begrünung der Dachkuppeln ergeben könnten. Die Integration in den Biotop des Park einer Tessiner Villa durch Begrünung mit Flechten und Moose schien mir nicht möglich. Eine wirkliche Integration konnte nur gelingen, wenn auf dem Dach dieselben Pflanzen wie im Park wuchsen.

Damit wären wir bei meinem 2. Postulat: Auf dem Dach soll eine Begrünung mit standortgebundenem Bewuchs von allein entstehen.

Dazu wäre wohl eine intensive Begrünung geeignet gewesen. Aber wozu der Aufwand. Ich halte dieses System für eine gute Lösung um geplante künstliche Dachgärten zu erhalten. Ein durch- dachtes System mit allen Konsequenzen, bis zur richtigen Entwässerung.

Aber wozu? Die Spritzbetonkuppeln waren von Haus aus so konzipiert, dass das Wasser richtig ablied. Und dann die doch einfache, fast archaische Konzeption der Erdhäuser mit ihren Bögen und Kuppeln bekrönt durch einen aufwendigen, künstlich angelegten Garten?

Da war noch ein weiteres Problem. Eine künstlich grün angelegte Insel, die über dem Park schwebt, könnte wohl nicht das richtige Mittel sein, um das Gebäude in seine Umgebung, in den Park zu integrieren. Da würden die Übergänge fehlen, das Ineinanderfliessen, ohne das eine Integration nicht möglich ist.

Diese Überlegungen führten zum 3. Postulat: Nicht nur das Dach sollte erdüberdeckt sein, sondern auch möglichst viele Aussenwände ohne Fenster sollen mit Erde angeschüttet und begrünt werden, um eine Integration in die Landschaft zu erreichen.

Daraus wurde das von mir oft praktizierte System ganze Gebäudeseiten, wie etwa die Nordseiten, oder die Strassenseite, wie beim Haus Raven in Ascona, anzuschütten und fliessende Hänge und Böschungen anzuformen. (*Beispiel Arni*) Oder in der letzten Konsequenz die Rückseiten der Häuser ganz in einen bestehenden Hang einzugraben, wenn die Topografie des Grundstücks dafür geeignet war. (*Beispiel Müller A.W.*)

Um Fenster und Aussenwandteile von Erdanschüttungen freizuhalten, bzw. die Anschüttung von Erde zu begrenzen, mussten Flügelmauern an die Aussenwände angehängt werden, die bald zu einem wichtigen formalen Gestaltungselement für die Erdhäuser wurde.

Die formale Einbindung in die topografische Umgebung war damit erreicht. Auf den Dachkuppeln wird 40 bis 80 cm Erde aufgeschüttet und die geschlossenen Wände werden mit Erde sanft angeböscht, und mit Flügelmauern wird die Erde von Fenstern, ebenen Sitzplätzen, Zugängen und Zufahrten abgehalten.

Mit der Zeit stellten wir fest, umso magerer die Erde war umso besser entwickelte sich eine biotopähnliche Bepflanzung, und wir korrigierten bald den Fehler Humus auf die Dächer und Böschungen aufzubringen. So wurde das am Waldrand liegende Wohnhaus Umbricht in Untersiggenthal, das wir 1990 fertig gestellt haben nur mit Aushubmaterial und ohne Humus überdeckt. Nach zwei Jahren entstand eine einmalige Naturwiese mit eigenem standortgebundenen Bewuchs.

Das Haus Hotz in Urdorf, eingebettet in einem Restgrundstück im Einfamilienhausquartier Urdorf, ist heute mit üppiger Vegetation überdeckt und selbst zu einer hügeligen Geländeformation geworden. Das Haus ist zwar freistehend, jedoch ist es durch seine Erdüberdeckung, mit seiner üppigen Vegetation und mit seiner plastischen Ausformung in eine künstliche Landschaft integriert, und wird ausser von der Strasse her, mit seinem höhlenartigen Zugang und dem sich darüber aufwölbenden Südfenster des Wohnraums als Gebäude nicht mehr oder erst bei genauem Hinsehen wahrgenommen.

Das ergibt das 4. Postulat: Eine mit Erde zugeschüttete, begrünte Kiste genügt nicht, um das Gebäude ein Teil der Natur werden zu lassen, vielmehr muss die plastische Ausformung des Baukörpers und die Ausformung der Landschaft, bzw. des Grundstücks einander entsprechen.

Auf diese Art und Weise haben wir nicht nur freistehende Einfamilienhäuser gebaut, sondern auch wie die folgenden Beispiele zeigen, ganze Wohnanlagen, Freizeitzentren und sogar Gewerbebauten.

Das erste Beispiel für eine Wohnanlage sind die Vier Wohnhäuser in Arni.

Die gegen Norden am Ortsrand von Arni gelegenen Häuser ducken sich in den leicht ansteigenden Südhang und bilden ein ideales Übergangselement von dem mit Einfamilienhäusern ausgefrachten Ortsrand hin zur Landwirtschaftszone.

Diese Wirkung einer erdüberbedeckten, erdangeschütteten und begrünten Wohnanlage bringt uns zu meinem 5. Postulat: Begrünte Erdhäuser wirken gegen die Ausfransung und Zersiedlung unserer Landschaft und haben somit ordnende sanierende Funktion.

Diese Wirkung ist nicht in erster Linie der Begrünung der Dächer, also unserem heutigen Thema zu verdanken, aber die richtige Begrünung der Dächer, zusammen mit Erdanschüttung und plastischer Ausformung ist sicher ein Teil dieser Wirkung als Raum ordnendes, wenn wir so wollen, sogar städtebauliches Element.

Weitere Effekte, die Erdanschüttung und Begrünung bewirken, werden bei diesem Beispiel auch klar, nämlich:

6. Postulat: Integration, Schutz und Geborgenheit

1 Der formal räumliche Anspruch der Erdhäuser im Inneren, erzeugt durch geschwungenen Wände, Säulen, Bögen und Gewölbe, wird durch Erdanschüttung und Begrünung in ihrer Darstellung nach aussen zurückgenommen, wird bescheidener, macht sich nicht so wichtig, ein gewisses Under-statement sozusagen. Ein Effekt, der erwünscht sein kann, oder auch nicht, je nach Bauherr oder Situation. Auf jeden Fall bewirkt diese mögliche bescheidene Zurücknahme, dass sich das Erdhaus in seine Umgebung, einordnet, unterordnet und damit integriert.

2 Erdanschüttung und Begrünung vermitteln Schutz und Geborgenheit, nicht nur Klimaschutz vor Wind und Wetter, sondern auch psychologisch. Die schon im Inneren der Erdhäuser angelegte Vermittlung von Geborgenheit, die durch die runden Formen, keinen Ecken, keine Kanten, Gewölbe und Kuppeln erzeugt wird, werden nicht nur, aber auch durch Erdaufschüttung und Begrünung verstärkt.

Die elementaren Wohnbedürfnissen des Menschen nach Wärme, Geborgenheit, Schutz und Zuflucht wird damit in hohem Masse durch ein integrales Ganzes, bestehend aus den inneren Formen des Erdhauses und seiner Einbettung in die Landschaft, wozu auch ursächlich die Erd-überdeckung und die Begrünung gehören, damit in hohem Masse erfüllt.

Ich möchte nicht unbescheiden sein, aber ich kenne keine andere Haus- oder Wohnform, die den elementaren Bedürfnissen des Menschen nach Wärme, Schutz und Geborgenheit so entgegenkommt, und Erdüberdeckung und Begrünung spielen eine wesentliche Rolle dabei.

Beim nächsten Beispiel einer zusammenhängenden Wohnanlage an der Lättenstrasse in Dietikon, wird deutlich, dass Nähe und Leben in der Gemeinschaft bei geschickter Anordnung bzw. Gruppierung der Häuser, bei entsprechender Aussengestaltung möglich ist, ohne die auch gewünschte Privatheit zu beeinträchtigen.

Deshalb mein 7. Postulat: Gemeinschaft fördern und Privatheit sichern

Bei aller Individualität in unserer Gesellschaft ist die Nähe zu anderen Menschen und das Leben in der Gemeinschaft immer noch ein Urbedürfnis, genauso wie Wärme, Schutz und Geborgenheit. Sie werden fragen, was das jetzt mit Dachbegrünung zu tun. Nun, direkt scheinbar nichts viel. Aber Sie werden zugeben, dass das sich treffen von Menschen, das miteinander kommunizieren, mit einander verweilen und sich austauschen durch ein entsprechendes Ambiente ermöglicht und gefördert werden kann. Und zu diesem entsprechenden Ambiente kann Dachbegrünung, Dach-nutzung und weitere aussengestalterische Massnahmen wesentlich beitragen, ja sie erst ermöglichen.

Ich will es Ihnen am Beispiel Wohnanlage Lättenstrasse erläutern. Die erdüberdeckten Häuser sind geschlossen um eine ovale Mitte mit Feuchtbiotop gruppiert. Die Wohnanlage umfasst neun Häuser, die in einem U-förmigen Hügel den Innenhof mit Weiher und Feuchtbiotop umlagern. Sie durchdringen den Hügel meist in Nord-Süd-Richtung, wobei der Wohnteil nach Süden und der Schlaftteil nach Norden orientiert ist. Die Bäder sind in der Mitte angeordnet und über Oberlichter belichtet.

Zu beiden Seiten der Häuser bzw. des Hügels sind Sitzplätze angeordnet, die durch Hügelausläufer und Flügelmauern voneinander getrennt sind. Die dem Feuchtbiotop und Weiher und damit dem Gemeinschaftsbereich zugeordneten Sitzplätze lassen Kommunikation und Teilnahme an Aktivitäten der Gemeinschaft zu, während die dem Innenbereich abgewandten Sitzplätze dem Rückzug und der Privatheit vorbehalten sind.

8. Postulat: Das System begrüntes Erdhaus eignet sich auch für öffentliche Bauten.

Zum Beispiel die Freizeitanlage Chrüzacker in Dietikon. Diese Anlage hat sich aus einem bescheidenen Kinderspielplatz entwickelt. Der schlechte bauliche Zustand veranlasste die Stadt Dietikon, eine grundlegende Neugestaltung in Auftrag zu geben. Das Neubauprojekt erfüllt in origineller und harmonischer Weise die Forderung nach tiergerechtem Ausbau und optimalem Betriebsablauf. Die winkelförmig um die Spielflächen gruppierten, auf ihrer

Rückseite erdüberdeckten und begrünten Kursräume und Stallungen schützen die Nachbarschaft vor zu erwartendem Benutzerlärm

9. Postulat: Erdüberdeckung und Dachbegrünung ermöglicht das Bauen im Waldabstand, im Grenzabstand und in der Landwirtschaftszone.

### **Bauen im Waldabstand**

Die kantonalen Baureglemente in der Schweiz schreiben für alle Gebäude zwingend einen Waldabstand von 15 m und mehr, je nach Kanton, vor. Das Haus Guldemann in Lostorf ist ein Beispiel dafür, wie bei geschickter Anordnung mit teilweise, scheinbar unterirdischer Bebauung dieser Waldabstand unterschritten werden kann. Scheinbar unterirdisch, sage ich deshalb, weil dieser unterirdische Bauteil am Hang ausserhalb des Waldabstandes wieder zu Tage tritt, mit Fenstern versehen, voll natürlich belichtet und als Wohn- oder Schlafräum genutzt werden kann. Das Haus Guldemann liegt in einem Südhanggrundstück am Höhenweg in Lostorf. Das Grundstück wird im Norden vom Wald begrenzt. Der Südhang und damit die mögliche Belichtung von Süden und die Aussicht nach Süden waren die ideale Voraussetzung das Haus in den Hang hineinzubauen und den Waldabstand unterirdisch zu unterschreiten.

Das Einfamilienhaus hat zwei Vollgeschosse und ein Untergeschoss. Im Untergeschoss sind die Garage, die Kellerräume und ein Schutzraum untergebracht. Im Erdgeschoss befindet sich eine Einliegerwohnung und der Wohnbereich des Einfamilienhauses. Die Schlafräume mit Ankleiden und Bad sind im Obergeschoss. Bauen im Grenzabstand. Für das Bauen im Grenzabstand gilt im Prinzip dasselbe wie für das Bauen im Waldabstand. Der daraus resultierende Vorteil liegt auf der Hand und führt dazu, dass Grundstücke, die konventionell nicht mehr bebaut werden können, was nicht nur ein ökonomischer Vorteil sondern in dem Sinne eines schonenden Landverbrauchs auch ein ökologischer Vorteil ist.

### **Bauen in der Landwirtschaftszone**

Oder anders ausgedrückt, Bauen ausserhalb der Bauzone, ist normalerweise für private oder gewerbliche Zwecke nicht möglich, sondern ausser für landwirtschaftliche nur für Bauten im öffentlich Interesse, also Militärbauten und ähnliches zugelassen. Dass jedoch bei bestimmten Voraussetzungen, zu denen die Erdüberdeckung und Begrünung gehören, die Behörden bereit sind, sogar einen Bürobau und einen Werkhof in der Landwirtschaftszone zu genehmigen, zeigt das Beispiel der Landschaftsgärtnerei in Pfullingen in Baden-Württemberg. Das Grundstück für diese Anlage liegt nun wirklich nicht in einem von Verkehrsbauten oder vom Tagebau zerstörten Gebiet, wo die Behörden beide Augen hätten zudrücken können, sondern in einer wunderschönen, erhaltenswerten Landschaft am Nordfuss der Schwäbischen Alb.

Für die Genehmigung der Anlage waren wegen der Lage ausserhalb der Bauzone der Landkreis, die Stadt und das Staatliche Landwirtschaftsamt zuständig, und wir hatten uns auf ein langwieriges Genehmigungsverfahren mit ungewissem Ausgang eingestellt. Umso überraschter waren wir deshalb, als relativ schnell die positive Stellungnahme des Staatlichen Landwirtschaftsamtes vorlag, der sich Landkreis und Stadt anschlossen und die Bewilligung erteilten.

Das Staatliche Landwirtschaftsamt lobte ausdrücklich die gelungene Einordnung in die bestehende Landschaft und verglich die bauliche Qualität der vorgesehenen Anlage mit der architektonischen Qualität der Jugendstilbauten der Stadt Pfullingen. Um nachzuweisen, dass eine Spritzbetonkonstruktion keine zwingend notwendige Voraussetzung für das System meiner Erdüberdeckung und Begrünung sind, möchte ich folgendes Beispiel zeigen Haus Fichter als Nichtspritzbetonbau.

Dass Gewölbe und Kuppeln aus Spritzbeton nicht unbedingt Voraussetzung für mein System der Erdüberdeckung und Begrünung sind, zeigt das erdüberdeckte und begrünte Einfamilienhaus Fichter in Volketswil. Das Haus präsentiert sich als ein über dem Untergeschoss errichtetes Tonnengewölbe, das in der Mitte durch ein Atrium unterbrochen ist, um die notwendige natürliche Belichtung zu gewährleisten.

Das mit vorfabrizierten Elementen aus Ziegeln erstellte Gewölbe wurde mit Polyurethanschaum isoliert und mit einer rund 40 cm starken Erdschicht überdeckt. Diese Konstruktion zeichnet sich durch grosse Stabilität und geringen Energieverbrauch aus. Die runde Dachform ist nicht nur statisch günstig, sie ist auch prädestiniert das Gewicht der

Erdüberdeckung zu tragen. Durch begrünte Erdanschüttung und begrünte Erdüberdeckung integriert sich das Gebäude voll in die Landschaft und stellt sich nach aussen nur mit den Frontseiten und das glasüberdeckte Atrium dar.

Die Pragmatiker unter Ihnen, die ich vielleicht mit meinem Vortrag über Integration in die Landschaft, Begrünung mit standortgebundenem Bewuchs, plastische Ausformung, Schutz und Geborgenheit, Gemeinschaft und Privatheit zu lange auf die Folter gespannt habe und ungeduldig auf die knallharten Daten und Fakten warten, möchte ich nicht länger hinhalten:

Mein System der Erdüberdeckung und Begrünung ist ganz einfach, und die Zahlen sprechen für sich: Das System ist seit 30 Jahre bei über 40 Häuser oder Anlagen erprobt und bewährt. Dabei ist kein einziger Schaden aufgetreten. Für die Ausführung braucht es keine besonderen Materialien, Substrate, Systemerden oder ähnliches. Keine besonderen Pflanzen oder Pflanzenfamilien sind nötig. Es braucht keine Drän- oder Speicherelemente. Es braucht nur Aushubmaterial, möglichst mager, das auf der Baustelle ohnehin genügend vorhanden ist.

Die Dachbegrünung kann gestaltet oder sich selbst überlassen werden. Sie gleicht sich dem umgebenden Biotop von selbst an, oder kann mittels entsprechender Massnahmen mit mehr oder weniger Humus, fetter oder magerer gestaltet werden. Es können Steingärten angelegt werden, Sitzplätze oder Spielplätze auf dem Dach errichtet werden. Ja sogar Pflanzenkläranlagen haben wir auf dem Dach untergebracht und Schwimmteiche wären möglich.

Voraussetzung dafür ist natürlich der richtige Dachaufbau, wie er bei meinen Spritzbetonbauten ohnehin vorhanden ist. (*Detail Dachaufbau mit Dachkrone*)

- Spritzbetonkuppel
- Polyurethanschaum 15 cm stark
- Vlies
- Aushubmaterial

So einfach ist das.

Zur Vervollständigung möchte ich noch auf die weiteren ökonomischen und ökologischen Vorteil, der Dachbegrünung, die ich im Verlauf meines Vortrags noch nicht angeführt habe, hinweisen. Diese Vorteile treffen mehr oder weniger auf marktübliche Begrünungssysteme auch zu. Zuerst die ökologische Vorteile, die der Erhaltung unserer Umwelt dienen. Der Natur zum Teil zurückgeben, was ihr der bauliche Eingriff nimmt, habe ich zu Anfang als 1. Postulat schon erwähnt.

- Damit ist grundsätzlich auch die Versiegelung der Böden angesprochen, der durch Dachbegrünung entgegengewirkt werden kann. Ausschlaggebend ist dabei das Speicherverhalten des Daches bei Niederschlag. Bei den Erdmassen, die wir auf die Dächer aufbringen, ist das Speicherverhalten besonders gross, und das Regenwasser wird länger als bei anderen Dachbegrünungssystemen zurückgehalten
- Mit dem 2. Postulat, der Begrünung mit standortgebundenen Bewuchs ist die Erhaltung der Arten mit angesprochen, und schliesst die Erhaltung der Kleinlebewesen, die für die jeweiligen Biotope typisch sind, mit ein.
- Anzusprechen wäre noch der Beitrag den begrünte Dächer zum Sauerstoff – Stickstoffhaushalt leisten und die Verbesserung des Mikroklimas.

Zu den ökonomisch, baulichen Vorteilen, wäre noch folgendes anzuführen. Unter Postulat 6 habe ich den Schutz angesprochen. Dieser Schutz ist nicht nur im psychologischen Sinne gegeben, sondern gilt auch als baulicher Schutz.

- Schutz der Dachhaut vor mechanischer Beanspruchung
- Vor Sonneneinstrahlung und Aufheizung
- Vor Wind und der damit verbundenen Abkühlung
- Als Wärmeschutz im allgemeinen.

Ich habe mich jetzt mit diesen ökonomischen und ökologischen Vorteilen nicht länger aufgehalten und sie auch deshalb nicht weiter kommentiert und nachgewiesen. Sie sind ja inzwischen allgemein bekannt, und wer die Bedingungen einhält, wird mancherorts sogar finanziell gefördert, oder Versiegelungsparagraphen schreiben in vielen Städten Dachbegrünungen zwingend vor.

Natürlich sind diese ökologisch- und ökonomisch technischen Vorteile ein integraler Bestandteil meiner Erdhäuser. Trotzdem möchte ich meine Erdhausidee nicht auf diese Vorteile reduziert wissen. Ich möchte auch nicht darüber diskutieren, wie man über die Vorteile von Sonnenstoren diskutiert, das wäre mir zu wenig.

Die ins Feld geführten technischen und umweltfreundlichen Vorteile kommen mir oft vor wie Feigenblätter, die die Scham für andere Sünden verdecken sollen.

Ich möchte unterstreichen, auch wenn ich mich dabei wiederholen muss, es ist mir zu wichtig. Erdüberdeckung und Begrünung meiner Erdhäuser sind kein dekoratives, ästhetisches noch technisch ökonomisches Prinzip, sondern ein integrale Bestandteil einer Bauweise, bei der Mensch und Natur im Mittelpunkt stehen, und zwar der Mensch im Einklang mit der Natur.

Gewiss eine schon oft beschworene Formel, der Mensch im Einklang mit der Natur, auf die nur wenig Taten folgten. Ich glaube jedoch, dass ich mein Streben nach dieser Maxime mit meinen Bauten beweisen kann, möchte Ihnen dies mit einigen weiteren gebauten Beispielen belegen und wäre froh, wenn wir anschliessend darüber diskutieren könnten.

Peter Vetsch  
Architekturbüro Peter Vetsch AG  
Lättenstrasse 23  
8953 Dietikon  
info@vetsch.ch

## EARTH HOUSES – LIVING UNDER THE GROUND

I have been engaged with earth houses as an architect since 1974, so over 30 years. In this time, my office has created more than 40 such earth houses.

Since the earth cover and the living surface, or “greening,” comprise the most notable characteristic of this type of house, we had to deal with problems related to the earth cover right from the start. These included important aspects like sealing the roof, the joints on the roof crest, degradation caused by weight, and the type of living roof and planting, to name just a few examples.

In 1982, we created our first earth-covered house in Ascona, Haus Raven. The problem of the earth cover and living surface arose from the special requirements of the location of the house-to-be. The house was meant to be built in the maintained park of an existing villa. In order to protect the park and conserve as much of it as possible, I moved the footprint of the building right to the border of the park with its back to the street. The park was thereby preserved in one contiguous area, and also protected from emissions of the busy traffic on Via Lido.

Yet I was not satisfied. The park was much too important to me, that a foreign body, even if not right in the middle, should stand on its boundary. I wanted to integrate the structure into the park entirely, and I wanted to return to the park, in part, what the encroaching construction had taken. And so we found ourselves at the first postulate, or rather the first premise, from which I directed all my later buildings: To integrate a building into its environment as much as possible, and to return back to nature a good part of what the constructional encroachment takes away.

To me, an earth covering with a living surface seemed to be the best solution.

Today, I can't exactly say whether the extensive and intensive green roof systems that we know since a fairly long time were already on the market and sufficiently tested, nor whether they would've been the answer to my problems in 1981. Let us suppose that this were so.

An extensive green roof, of which the advantages include that the minimal layer of substrate does not bring about more load bearing capacity for the loading of the roof since they are just as heavy as gravel roofs, and that they require little maintenance, was not an option for me because of the following reasons:

- 1) An extensive green roof only permits certain plant communities, whether lichens and moss or certain grasses.
- 2) The advantage that no static expenditure is necessary does not count, because earth houses, as domed sprayed-concrete constructions, do not have problems with additional weight which would result from the greening of the roof crest.

The integration of lichens and mosses into the habitat of the park of this Tessiner Villa did not seem possible to me. A true integration could only succeed if the same plants that grew in the park also grew on the roof.

Therewith we arrive to my second postulation: A living surface on the roof shall arise alone with site-bound growth.

To this end, an intensive greening would well have been suitable. But for what purpose the expenditure. I hold this system as a good solution for maintaining planned artificial roof gardens, as a thoroughly-considered system that addresses all consequences, right down to the correct irrigation. But why? The sprayed concrete crests were innately conceptualized so that the water would really run off. And then the very simple, almost archaic concept of earth houses, with their bends and crests, crowned by an expensive, artificially established garden?

There was yet a further problem. An artificially laid out green island floating above the park could not likely be the right means by which to integrate the building into its surroundings, the park. Beyond the impossibility of such integration, the connections would be missing, the flowing into each other. These contemplations led to the third postulate: Not only should the roof be covered by earth, but also as many outer walls as possible, those lacking windows, should be covered with earth and with a living surface, in order to achieve integration in the landscape.

From this evolved my frequently practiced system of covering entire building sides with earth, as for instance the north- or street sides, as in Haus Raven in Ascona, and to form flowing slopes and embankments. Or, as a last consequence, burying the back side of the houses entirely into an existing slope, provided the topography of the property was suited.

To keep windows and outer wall parts free of earth cover, or rather to limit the covering of earth, abutment walls had to be trailed to the outer walls. This soon became an important formal construction element for earth houses. The formal bond with the topographical environment was thus achieved. Between 40 to 80 cm earth is dumped on the roof crests, and the closed walls are softly embanked with earth. Abutment walls keep the earth clear from windows, level sitting areas, entrances and access roads.

With time, we determined that natural plantings developed better with nutrient-poor soil, and we soon corrected the mistake of bringing humus on the roofs and embankments. In this light, the Umbricht dwelling in Untersiggenthal, completed in 1991 along a forest edge, was covered purely by excavation material without any humus. After two years, a unique meadow has established itself from site-bound growth.

The Haus Hotz in Urdorf, embedded in the surplus plot of a single-family quarter in Urdorf, is now covered with luxuriant growth and has become a hilly landform itself. The house is free-standing, however through its earth covering, with its lush vegetation, and with its plastic formations, it is integrated into an artificial landscape. When seen from the street, it is not perceived as a building unless closely inspected, with its cave-live entrance and the bulging south window set over the living room.

This leads to the fourth postulate: An earth-covered, greened box does not suffice to integrate a building into nature.

The plastic formation of the structural parts and the formation of the landscape or property must correspond with each other. In this style and way, we have built not only free-standing single-family homes but, as the following examples show, entire housing estates, recreation centers and even commercial buildings.

The first example of a housing estate includes four homes in Arni. These north-facing houses, which lie at the edge of Arni, duck down into the slightly increasing south slope, and create an ideal element of connection from the single-family houses at the frayed edge of town to the agricultural zone. This effect of earth-covered and vegetated housing estates brings us to my fifth postulate: Greened earth houses work against the fraying of our landscape and urban sprawl, and thereby have functions of regulation and rehabilitation.

This effect is not in the first line of rooftop greening today, so we may thank the topics we discuss today. Still, the correct planting design of roofs, including earth pouring and plastic formation, is undoubtedly part of the effect of space regulating and, if we so desire, even an element of urban design and development. Further effects that earth-cover and vegetation cause are clearly illustrated in this example, namely the sixth postulate: Integration, Protection, and Safety.

- 1) The formal, roomy earth houses interior, generated through rolling walls, columns, vaults and arches is taken back in its presentation outside through the earth cover and planting. It becomes less obtrusive, does not make itself very important, which may very well be an understatement. This is an effect that can be desired, or not, depending on the building owner or situation. In any case, the possibility for such unassuming and modest revocation brings the effect that an earth house arranges and subordinates itself to its environment, and is thereby integrated.
- 2) Earth cover and vegetation procure protection and safety, not only from the climate of wind and weather, but also psychologically. The safety that is already generated by the inside of earth houses, through round forms, the absence of corners or edges, vaults and domes, is further strengthened by the earth cover and planting.

The elementary living requirements required by humans for warmth, safety, protection and refuge are thus largely fulfilled through an integrated whole, consisting of the inner forms of the earth house and its embedding into the landscape, which also etiologically belong to the earth covering and the living surface. I don't wish to be immodest, but I don't know of any other house or living form which accommodates the elementary human requirements so entirely, to which end earth coverings and living surfaces play a major role.

The next example of the connected housing estate on Lättenstrasse in Dietikon clearly shows that subtle arrangement, or grouping, of houses by the respective exterior design makes proximity and community life possible without compromising desired privacy. Therefore my seventh postulate: Promote community and secure privacy.

With all the individuality in our society, proximity to others and life within the community is still a primal urge, just like warmth, protection and safety. You will now ask what this has to do with rooftop greening. Well, directly, not much, it would seem. You will most likely agree, however, that a suited ambience facilitates the meeting of people and of communication, and promotes social interaction and exchanging ideas. Green roofs, roof use and other measures of the outer form can intrinsically contribute to this corresponding ambience, indeed make them possible.

I'd like to elaborate this to you in the example of the housing estate at Lättenstrasse. The earth covered houses are grouped together around an oval centre with a wet habitat. The housing estate includes nine houses, which besiege a U-shaped hill in the central garden with pond and a wet habitat. They pervade the hill mostly in a north-south aspect, whereby the living quarters face southwards and the sleeping quarters orient northward. The bathrooms are placed in the middle and are lit from skylights.

Sitting areas are arranged on both sides of the houses, or hills, which are separated from another by hill offshoots and abutment walls. The sitting areas arranged around the wet habitat and pond permit communication and participation in community activities, while those sitting areas tucked away in the inner area are set aside for retreat and privacy.

My eighth postulate states that: The system of the greened earth house is also suitable for public buildings.

For example, the Chrüzacker recreation centre in Dietikon. This facility developed out of a modest children's playground. Due to its poor constructional condition, the city of Dietikon opened the bid for a fundamental redesign. In an original and harmonious way, the new construction project fulfilled the requirement of animal-compatible dismantling and optimal operating procedure. With poured earth covering their back sides, the greened course rooms and stables, grouped in angles around the play areas, protect the neighbourhood from the anticipated user noise.

The ninth postulate: Earth covering and rooftop greening make it possible to build in the construction distance to forest edges, property boundaries, and in agricultural zones.

#### **Building in the construction distance to a forest**

The Swiss Cantonal building regulations specify that all buildings retain a compulsory space of at least 15m from a forest, depending on the Canton. The Guldemann Haus in Lostorf is an example of how skillful design with partial, seemingly underground construction can under-shoot this construction distance to the forest. I say "seemingly underground" because this underground component emerges into daylight on the slope outside the construction buffer distance to the forest, furnished with windows and lit entirely by natural light to be used as living or sleeping quarters.

The Guldemann Haus lies on a south-sloping property on am Höhenweg in Lostorf. The property is bordered by forest to the north. The southern slope, and therefore the possible lighting and view from the south were the ideal pre-requisites of building the house into the slope and to undershoot the distance to the forest edge underground. The single family home has two main floors and a basement. In the basement we find the garage, the cellar rooms and a shelter. The ground level houses an inlier flat and the living area of the single family home. The sleeping rooms with closets and bathrooms are in the upper floors.

#### **Building in the construction distance of property boundaries**

Building in the construction distance of property boundaries applies to the same principles as building in the construction distance to forest edges. The resulting advantage is obvious, leading to properties which may not be conventionally built, have an economic advantage and also preserve land use for ecological benefit.

#### **Building in agricultural zones**

Unless otherwise stated, building outside the building zone is generally not possible for private or commercial purposes. Aside from agriculture, the only buildings permitted there must serve public interest, such as military or similar buildings. However, the authorities are sometimes prepared to provide permits under certain conditions, such as earth coverings and vegetated roofs, such that even an office building and a maintenance depot could be permitted in an agricultural zone. This is illustrated in the example of the landscape nursery in Pfullingen, Baden-Württemberg.

The property for this housing facility does not lie in a region disturbed by traffic- or mining to which the authorities could simply close both eyes, but sits rather in a beautiful, conservation-worthy landscape at the northern foot of the Schwäbischen Alb. Since the location sits beyond the building zone of the county line, both the City and the State agricultural bureau were responsible for the permit of the facility, and we prepared ourselves for a tedious process permit procedure for an unknown outcome. We were all the more surprised, then, at the positive response from the State agricultural bureau and their quick interface with the county and City to produce the permit. The State Agricultural Bureau explicitly praised the successful integration into the existing landscape, and compared the constructional quality of the planned facility with the architectural quality of the Art Nouveau-style buildings in the City of Pfullingen.

In order to prove that a sprayed-concrete construction does not require any imperatively important conditions for my system of earth covers and plantings, I'd like to show the following example.

### **Haus Fichter as non-sprayed concrete building**

Domes and crests of sprayed concrete are not necessary conditions for my system of earth covering and planting, as demonstrated by the earth covered and planted single-family Fichter home in Volketswil. The house is presented as a tonne dome over the basement, which is interrupted by an atrium to guarantee the essential natural lighting. The domes, installed with prefabricated elements out of tiles, were insulated with polyurethane foam, and covered with about a 40cm layer of earth. This construction is excellent for its great stability and minimal energy consumption. In terms of weight, the round roof form is not only economical, but it is predestined to carry the weight of the earth covering. Through a planted earth cover, the building is integrated into the landscape and presents only the front sides and the glass-covered atrium from outside.

For those pragmatic members of the audience, who I may have strained over the rack for too long with this presentation of integration into the landscape, planting with site-bound growth, plastic forming, protection and safety, community and privacy, and who impatiently wait for the solid data and hard facts, I don't want to hold back any longer.

My system of earth covering and planting is very easy, and the numbers speak for themselves. Since 30 years, this system has been tested and proven on more than 40 houses or facilities. No damage has ever transpired. The installation does not require any special materials, substrate, or managed earth. No special plants of plant families are necessary. It does not require any drainage or storage elements. It only requires excavation material, ideally nutrient-poor, of which plenty is available on the construction site anyway.

The green roof can be designed or can be left to its own. It will reflect the surrounding habitat alone or can be designed by means of respective measures with more or less humus, nutrient-poorer or –richer. Rock gardens can be laid out, sitting- or play areas can be erected on the roof. We have even installed living machines, or vegetational treatment plants, and swimming ponds were also possible.

One pre-requisite, naturally, is the correct roof design, as is inherently provided by my sprayed-concrete buildings.

- sprayed concrete dome
- polyurethane foam, 15cm thick
- geotextile fabric
- excavation material

It's that simple.

I'd like to complement this, still, by drawing attention to the further economic and ecologic benefits which I have not yet touched on. These benefits more or less meet the customary greening systems found on the market, too.

First the **ecological benefits**, which serve to sustain our environment. Giving part of nature back, what our encroaching construction takes away, was already referred to at the beginning as my first postulate.

- The sealing of the earth is fundamentally addressed, which rooftop greening counterbalances. The storage capacity of the roof is thereby a crucial factor during precipitation events. The storage capacity of the masses of earth that we put on the roofs is especially large, and rain water is retained for longer than other green roof systems.

- With the second postulate, the planting with site-bound growth addresses species conservation, and includes the conservation of small critters that are typical of the respective habitats.
- Also worth addressing is the contribution that green roofs provide to the oxygen-nitrogen cycle and the consequent improvements to the microclimate.

Under postulate 6, I addressed the item of protection. This protection is not only meant in the psychological sense, but also qualifies for protection of the building. So the constructional **economic advantages** can be adduced to:

- protection of the roof membrane from mechanical stresses,
- from solar radiation and heating up,
- from wind and the associated cooling, and
- as warm protection in general

I have not lingered on the economic and ecologic benefits for very long, so neither have I commented further or provided proof for them. They are, after all, generally known and, in some places, those who meet the criteria even receive financial support. Indeed, many Cities urgently prescribe rooftop greening as a means for restoring a pervious land surface.

These ecological and economical technical benefits are naturally an integral part of my earth houses. However, I don't want to think about my earth houses reduced to these benefits. Nor do I wish to discuss them, the way one discusses the advantages of awnings; that would delving too far into minutiae for me. Those technical and environmentally friendly benefits that are celebrated by this field often strike me as fig leaves meant to cover the shame of other sins.

Earth covering and planting of earth-sheltered houses are not decorative, aesthetic, nor technical economical principles, but rather an integral component of a construction method in which Man and Nature stand in the centre, and in harmony. This is certainly a confirmed formula - Man in harmony with Nature - but only a few actions follow it through. Still, I believe that my efforts, indeed my buildings, demonstrate this maxim, and I'd like to substantiate this with a few more built examples, and would be glad if we could discuss this afterwards.

Peter Vetsch  
Architekturbüro Peter Vetsch AG  
Lättenstrasse 23  
CH- 8953 Dietikon, Schweiz  
info@vetsch.ch

# WHOLE LIFE COST ANALYSIS OF GREEN ROOF SYSTEMS

**Brad Bamfield, The Solution Organisation Ltd, Chairman The Whole Life Cost Forum, UK**

The presentation will be focused on Living Roofs but the principles apply to construction generally:

- The meaning of Whole Life Costs
  - We will look at what Whole Life Cost is and how it can be interpreted in completely different ways by different people
  - What about Life Cycle, Whole Life Cycle, Life Cycle Analysis, Life Cycle Planning and where do they fit in?
  - What does Whole Life Value mean?
- The relationship between Whole Life Costs and Sustainability
  - How does WLC and Sustainability inter-relate?
  - Does doing one mean I do not need the other?
  - Can WLC affect Environmental and Societal elements of Sustainability?
- The methodology of Whole Life Costs – How to do it the easy way
  - At which level is WLC applied? Building, system, component or sub-component?
  - What is a relevant cashflow in terms of WLC?
  - Can WLC include non-financial elements or is it only financial?
  - Discount rates how to select and use
  - What is the difference between net present value, NPV, and discounted cashflows, DCF
  - We will look at other WLC outputs including Total Whole Life costs and Annualised Whole Life Costs
- Integration of capital and revenue costs – is it really possible?
  - What is a capital cost and a revenue costs.
  - Other definitions of revenue costs
  - Is the “two tills” the reason for failure?
  - What other barriers are there in an organisation?
- Procurement – performance v. specification
  - What is the difference between the two?
  - How do I procure work and ensure WLC is considered?
  - Where does collaborative working and partnering fit in with all this?
- Supply chain delivery of Whole Life Cost information and analysis
  - What is the importance of the Supply Chain in the delivery of focused WLC analysis.
  - What is the importance of “expert” advice?
- Service life – who do you believe?
  - Is there conflict between experts and suppliers?
  - We will look briefly at an interesting piece of research by Dr Phil Bamforth on who we believe is credible and who we ask for help the most
- Whole Life Costs – the benefits and its effect on profits
  - How does WLC affect profits?
  - Why should we do it?
  - How do we convince others of its value?
  - WLC Business Case example of a Living Roof in Somerset England
- Conclusions
  - Where next and how do you get more help?

## **References**

### **Web sites;**

The Whole Life Cost Forum	<a href="http://www.wlcf.org.uk">www.wlcf.org.uk</a>
The Solution Organisation	<a href="http://www.thesolutionorganisation.com">www.thesolutionorganisation.com</a>
Brad Bamfield	<a href="http://www.bamfield.name">www.bamfield.name</a>

### **Papers;**

Bamfield, B. *Whole Life Costs & Living Roofs The Springboard Centre, Bridgewater Somerset UK*. The Solution Organisation Ltd 2005

Bamforth, P. Definition of functionality and condition limits states - or 'triggers for intervention' - for use in the prediction of whole life costs. DTI 2004

Both of these papers are available from the Solution Organisation web site library; TSO link web site Library (<http://www.thesolutionorganisation.com/library.htm>)

## **Session 1A: Support programmes for green roofs** ***Förderprogramme für Dachbegrünungen***

# Erlebbar Dachbegrünungen in Linz

**Edmund Maurer, Magistrat der Landeshauptstadt Linz, Stadtplanung Linz, Abt. Entwicklungsplanung, Österreich**

## Abstract

Dachbegrünungen werden erst bei entsprechender Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt und entsprechender Ausstattung (= intensive Dachbegrünung) erst effektiv erlebbar.

Die direkte Erlebbarkeit und der direkte Nutzen ist das schlagkräftigste Argument gegen die allgegenwärtigen Kosteneinsparungsvorgaben bei Bauobjekten. Spätestens bei der Gegenfrage: „was würde ein vergleichbarer bodengebundener Garten kosten?“, sollte die Geldfrage ganz klar zugunsten der intensiven Dachbegrünung beantwortet sein.

## Green roofs in Linz for experience

Green roofs only become truly to be experienced when appropriate and diverse uses and construction types are included in the design, and also the consequent provisions (i.e. intensive green roofs). The direct experiences and the direct use of green roofs is the most potent argument against the ever-present advices of cost savings in building-projects. At least response to the counter-question, “what would a comparable, ground-level garden cost,” the cost issue for intensive green roofs is clearly the advantageous answer.

## 1 Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung von Linz

Linz liegt zwischen Salzburg und Wien, und wird von der Donau durchflossen. Die Bevölkerungszahl bewegt sich bei 190.000 Einwohnern. Das gesamte Stadtgebiet umfasst rd. 9.600 ha. Die Jahresniederschlagsmenge liegt zwischen 900 - 1.200 mm. Linz liegt auf einer mittleren Meereshöhe von 260 m über Adria. Als Landeshauptstadt von Oberösterreich hat sich Linz in den letzten 15 Jahren von einer bekannten „Stahlstadt“ zu einer Kulturstadt mit bedeutender Wirtschaftskraft entwickelt.

### 1.2 Historische Entwicklung der Dachbegrünung in Linz

Als Reaktion auf den markanten Grünflächenverbrauch in den Jahren des Wirtschaftsaufschwunges, wurden seitens der Stadtverwaltung bereits 1985 verbindliche Dachbegrünungsvorschriften in die neuen Bebauungspläne aufgenommen. Als erste Stadt in Österreich begann die Stadt Linz in 1989 Dachbegrünungen zu fördern. Die Folge dieser Maßnahmen war ein sprunghaftes Ansteigen der extensiven Dachbegrünungen insbesondere bei Betriebsgebäuden. Die Stadt Linz hat derzeit ca. 40 ha begrünte Dachflächen bei ca. 3.500 ha. gewidmetem Bauland.



### 1.3 Wichtigste Maßnahmen zur Errichtung von Dachbegrünungen in Linz :

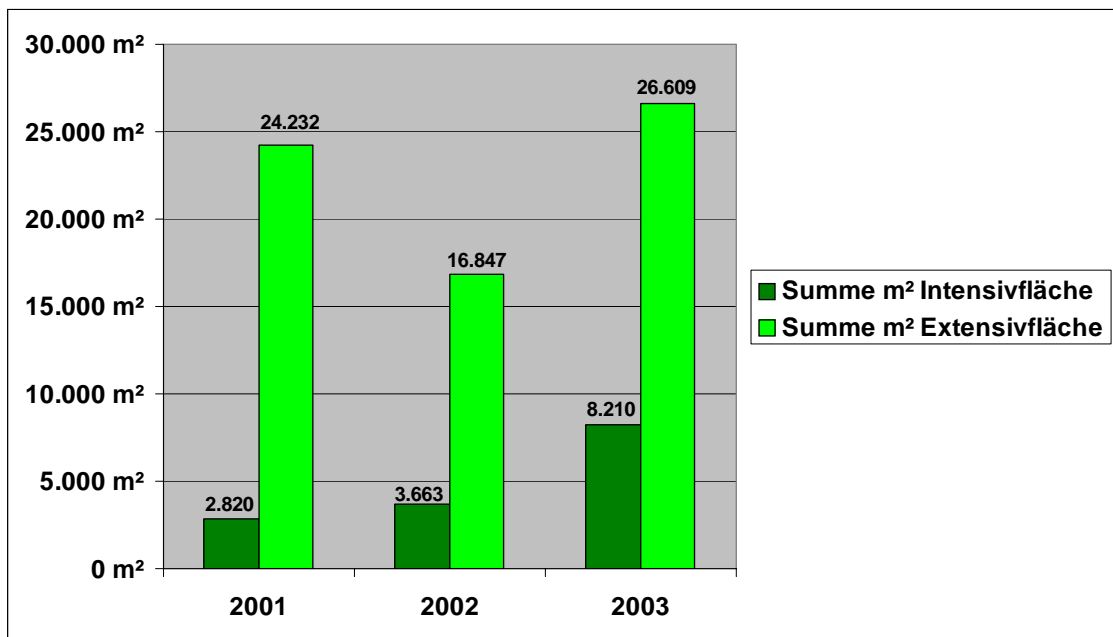
1. Rechtliche Vorschriften in den Bebauungsplänen ab 1985
2. Finanzielle Förderungen durch die Stadt Linz seit 1989  
Derzeit beträgt die Förderung bis zu 5 % der als förderungswürdig anerkannten Kosten mit einer max. Obergrenze von € 7.500 pro eingereichter Dachbegrünung
3. Informationsarbeit der Stadt Linz

**Tabelle 1** Wesentlichste Unterschiede zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung gemäß ON-Regel 121131 (=österreichisch technische Norm über Dachbegrünungen)

extensive Dachbegrünung	ON-	intensive Dachbegrünung
• Naturnah angelegt	R	• aufwendige Bepflanzung
• 2 Kontrollgänge/Jahr und bedarfsbezogene Maßnahmen	E	• hoher (permanenter) Pflegeaufwand
• nicht benutzbar (begehrbar) und somit nicht erlebbar	G E L	• Benutzbar (begehrbar) und somit ERLEBBAR
	12 11 31	

### 1.4 Verhältnis von intensiven zu extensiven Förderungen von Dachbegrünungen:

Das Verhältnis intensiver zu extensiver Dachbegrünung hat sich in Linz ab 2001 kontinuierlich verbessert. 2003 erreichten die intensiven Dachbegrünungen fast 1/3 der extensiv geförderten Flächen. Als Fernziel wäre ein 50 % Anteil der intensiv begrünten Dachflächen wünschenswert.



Gegen die intensive Dachbegrünung wird fast immer das Argument der Nichtfinanzierbarkeit und beträchtlicher Kosten hinsichtlich Herstellung und Pflege seitens des Bauherrn vorgebracht. Die eigentliche Fragestellung müsste aber stattdessen lauten: Was würde ein vergleichbarer bodengebundener Freiraum (Kleingarten) mit demselben Nutzen und Erlebniswert kosten? Die Antwort würde ganz eindeutig zugunsten einer intensiven und somit für den Nutzer erlebbaren Dachbegrünung lauten!

Die Beschreibung von Intensivbegrünung, gemäss **ON-Regel 12 11 31 Pkt. 4.2.1** erklärt, „In den Möglichkeiten der Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt sind sie (intensive Dachbegrünungen) bei entsprechender Ausstattung mit bodengebundenen Freiräumen vergleichbar“.

## **2. Dachgärten als Beispiele für „vergleichbare (und somit erlebbare) Freiräume“**

### **2. 1. Dachgarten des Bundesrealgymnasiums Körnerstraße**



Quelle: Stadtplanung Linz, E. Maurer

Das Bundesrealgymnasium wurde 1989 renoviert und erweitert. Da aber keine bodengebundenen Freiflächen für die Schüler zur Verfügung standen, entstand seitens der Lehrerschaft und dem Bauherrn die Idee, einen Dachgarten über den Turnsälen zu errichten.

Dieser ca. 600 m<sup>2</sup> große Dachgarten wird von den Schülern und Lehrern während der schneefreien Zeit sehr rege als „Freiluftklassenzimmer“, Pausenraum und Erholungsfläche genutzt. Insbesondere die Nutzung als Pausenraum bringt für die Schüler eine optimale Regenerationsmöglichkeit.

Die Biologielehrer bauen die dortige Vegetation - bestehend aus Stauden, Gehölzen, Obstbäumen und einem Biotop - als Anschauungsunterricht ein. Die Zerstörung oder Beschädigung von Pflanzen stellt absolut kein Problem dar, da die Schüler diesen Dachgarten als ihren Garten betrachten.

## 2.2 Privater Dachgarten von Familie Klier in Linz, Gruberstraße 23



Quelle: Fa. Halbartschlager, Pree Thomas

Dieser ca. 800 m<sup>2</sup> große Dachgarten ist in seiner Art in Linz wohl einzigartig. Der Dachgarten befindet sich im 7. Obergeschoß in rd. 22 Meter Höhe in einem dicht verbauten Wohngebiet. Der Dachgarten ist der Privatwohnung im 6. Obergeschoß direkt zugeordnet und ist aus dem Wohnzimmer über eine Stiege erreichbar.

Bereits der fantastische Rundblick über die Stadt macht ihn einzigartig. Der Dachgarten wurde mit kleinkronigen Bäumen, einem Biotop, einem kleinem Gewächshaus, Staudenbeeten, einer gemütlichen Sitzecke und vielen Zier- u. Nutzsträuchern stilvoll ausgeführt. Die Gehwege wurden mit formschönen Verbundsteinen hergestellt.

Die Nutzer können diesen traumhaften Dachgarten somit täglich genießen und erleben. Er übertrifft einen vergleichbaren bodengebundenen Kleingarten aufgrund seiner räumlichen Lage sogar noch um ein vielfaches hinsichtlich Erlebbarkeit und direktem Nutzen.

Edmund Maurer, Magistrat der Landeshauptstadt Linz  
Stadtplanung Linz, Abt. Entwicklungsplanung  
Hauptstraße 1 - 5  
A - 4041 Linz, Österreich  
[edmund.maurer@mag.linz.at](mailto:edmund.maurer@mag.linz.at)

# **Green roofs and urban biodiversity – The UK + CH science and technology transfer project**

**Dusty Gedge, Director, Livingroofs.org, UK**

## **Abstract**

The UK + CH Science and Technology Transfer Project grew out of an interest in issues of urban biodiversity. Independently, individuals in both countries were either investigating or considering how green roofs could be better designed to promote issues relating urban brownfield nature conservation. In 2001 an informal link between biodiversity work in Switzerland, green roofs, and London Biodiversity Partnership (LBP) was made. This occurred through a visit to Basel, and an informal translation of relevant documents from German to English. Over the last 4 years, this has proven to be very relevant to green roof interest in London and the UK, which has grown significantly since. This paper highlights how the relationship between Switzerland and the UK [specifically London] evolved, what impact the relationship has had, [specifically in the UK], and what mechanisms/projects have been established. It also highlights the importance of building partnerships between individuals and organisations at a trans-national level to improve understanding of green roofs in general, and for specific issues such as biodiversity. This is particularly relevant where one partner country is more advanced from a technological or legislative point of view. Sharing both knowledge and vision of urban green roofs from a non-commercial base can improve the quality and delivery of green roofs in respective partner countries. Armed with the evidence from the work in Basel, CH, the London Biodiversity Partnership could provide the needed evidence that regeneration of urban areas in London could provide real and meaningful mitigation for rare species associated with brownfield land.

## **Dachbegrünung und urbane Biodiversität – ein UK + CH Wissenschafts- und Technologie-Transfer Projekt**

Das UK + CH Wissenschafts- und Technologie-Transfer Projekt hat sich aus Interesse an der urbanen Biodiversität entwickelt. In beiden Ländern forschten Wissenschaftler wie begrünte Dächer besser gestaltet werden könnten, verbunden mit der Frage wie diese urbanen Ruderalflächen besser naturschützerisch gefördert werden könnten. Im Jahr 2001 ist eine informelle Zusammenarbeit zwischen der Biodiversitätsforschung begrünter Dächer in der Schweiz und dem London Biodiversity Partnership (LBP) entstanden. Dies geschah dank eines Besuches in Basel (Schweiz) und einer informellen Übersetzung von relevanten Dokumenten in Deutsch auf Englisch. In den letzten 4 Jahren hat diese Kooperation ein erhebliches Interesse bezüglich begrünten Dachflächen in London und Grossbritannien gebracht. Das Projekt beleuchtet die Wichtigkeit, Partnerschaften auf trans-nationalem Niveau aufzubauen, um das Verständnis über Dachbegrünung im Allgemeinen zu verbessern. Dies ist besonders relevant wenn ein Partnerland bezüglich Technik und Wissen sowie in der Gesetzgebung mehr Erfahrungen aufweist. Dank der Forschung in Basel (Schweiz), konnte die London Biodiversity Partnership die nötigen Beweise liefern, dass die Regeneration von urbanen Flächen in London möglich ist und ein bedeutsames Ausgleichshabitat für bedrohte Arten in luftiger Höhe zu finden ist, wenn sie abgestimmt sind mit den Ruderalflächen im Umland.

## **1 Introduction**

### **1.1 London, United Kingdom (UK)**

In the late 1990's a number of individuals involved in nature conservation in London became interested in how 'rubble' could be installed on roofs to provide habitat for a bird species protected under UK Law. The individuals knew very little about green roofs but through the London Biodiversity Partnership (LBP) and, specifically, the London Wildlife Trust/ Creekside Regeneration Team, several developers were pressured into including 'rubble' roofs on buildings. The subject of brownfields, black redstarts, rubble roofs, and the role that biodiversity has played as a green roof driver in the London area has been written extensively about (Gibson, 1998; Frith and Gedge, 2000; Harvey, 2001; Jones, 2002).

However, during the development process the original 'rubble' idea transformed into sedum blanket based green roof systems. This was primarily due to limited space for green roofs in the market, and the limited general knowledge within the architectural and landscaping industry regarding green roof methods. Several individuals from the LBP felt that commercial interests were taking precedence over the needs of biodiversity with the creation of roof level landscapes.

Even within the nature conservation sector, there was considerable pressure for evidence that the envisaged roofs would actually work. Intuitive nature conservators asserted that they would, but detractors needed hard scientific evidence. This has been an important factor throughout the whole green roof debate in the UK. Although interest in green roofs in the UK is growing exponentially, the construction and development industries are notoriously conservative and resistant to new methods of construction, especially if either incentives or hard evidence are lacking.

Without incentives only enlightened' architects/developers will interface with the technology, and without hard evidence it is unlikely that Governments will provide incentives. This latter point is pertinent in the context of this paper as much of the hard evidence is not published in English, but rather in German. This creates two immediate barriers: first, the difficulty and expense of translation and, secondly, the conservative refrain, "...it might be so in Switzerland or Germany, but will it work in the UK?!"

### **1.2 Basel, Switzerland (CH)**

In the late 1990s green roofs became a legal requirement in Switzerland. Very unlike London, there was legal framework to ensure that green roof systems would be installed on buildings. In Basel, an initial fund was established to provide support for green roof implementation. Also, the Canton Basel Stadt was keen to develop old brownfield sites, especially around the SBB Railway Terminus. Such land had been recognised by the nature conservation sector as being of importance for rare invertebrate communities associated with the northern Rhineland gravel beds, which have been depleted in modern times.

A study was established to investigate whether green roofs could be adapted to provide refuge for such invertebrate communities, thereby providing vital benefits to local biodiversity. The original study was completed in 2000 and led to a change in construction laws, ensuring that green roofs within the Canton of Basel-Stadt would be designed for invertebrate conservation as a matter of course (Brenneisen, 2003; Brenneisen, 2004).

### **1.3 UK + CH**

The evolving partnership between Switzerland and the UK has been informal and driven by two individuals, Stephan Brenneisen and the author. In many ways, it is fair to say that I have been the real driver primarily because the UK lags behind continental Europe in terms of a knowledge base regarding green roof technology and an absence of incentives or legislation.

Significantly, the partnership has evolved from a pragmatic and philosophical approach to green roof implementation, as opposed to a commercial approach. This is an important difference as there are many partnerships between the UK and other countries in terms of green roofs, especially with Germany, between commercial roofing and green roofing companies. In many ways, our dynamic and specific approach has had a significant impact in the UK, by generating interest in green roofs and specifically how green roofs can deliver benefits for biodiversity.

## **2 Methods**

Writing about the UK + CH partnership in a quasi-scientific format is very difficult. The UK + CH partnership suits a narrative approach. However the constraint of writing in a quasi-scientific manner will perhaps provide some clarity and also act as a springboard for others to engage in similar partnerships.

The methods used were more informal and opportunistic, and evolved through commitment rather than scientific rationale. However, contact, discussion, visits/ tours, sharing/ 'marketing' knowledge (promotion), and research have proven their worth.

### **2.1 Contact**

In 2000, there was pressure to demonstrate that green roofs would work as habitat mitigation in new developments. As a naturalist, my intuition knew that green roofs designed as 'rubbescapes' would provide important habitat for the rare black redstart (*Phoenicurus ochruros*). However, other than 'Building Green' and other small passages in nature conservation documents, there was no documented evidence on green roofs and their benefit for nature conservation. These papers, though exemplary in a UK context, were non-specific and merely highlighted the benefits of green roofs, as green spaces, to nature conservation.

Through a convoluted and dogged journey, I was directed to Stephan Brenneisen at the University of Basel who was undertaking research into green roofs and biodiversity. More importantly he was studying birds on green roofs, and black redstarts were one of the species under observation.

### **2.2 Visits**

The first visit took place in 2001 and, since then, the author has visited every year with various colleagues and interested parties. In 2004 we managed to enlist the support of the Presence Swiss and the Swiss Government Promotional Agency, with the backing of the Swiss Embassy in London, to support a tour of Swiss Biodiverse green roofs. Sarnafil UK also supported the tour.

From a UK perspective, the tour showed that once architects, developers and other professionals actually stepped onto the green roof interface, green roofs designed for biodiversity became more of a reality than just a notion. You can talk, debate and show as many pictures of green roofs designed for biodiversity as you like, but experience has shown that visits produce the necessary enlightenment.

In June 2004, 12 leading architects and leading architectural journalists spent two days touring green roofs in the Cantons of Basel-Stadt, Basel-Land, Zürich and Lucerne. The success of 2004 tours led the UK + CH Partnership, through Livingroofs.org and Hochschule Wädenswil, to organise tours for 2005. Twenty UK professionals came on the tours, and included a number of leading developers, researchers and conservationists with an interest in green roofs.

### **2.3 Promotion**

The UK + CH partnership has been invaluable in the promotion of green roofs for biodiversity in London. The work undertaken by Swiss colleagues permitted Livingroofs.org to argue the case for more natural green roof systems in new urban developments in the UK capital. Prior to engaging with Swiss colleagues, we used the term 'brown' roof to steer designers away from conventional green roof systems and rather towards the use of local substrates for growing media and self-colonising plant communities. With little understanding of green roofs in the UK, this challenged conventional approaches to installation and planting. For biodiversity professionals in London, this partnership has been of great importance.

We have had much to learn over the last few years. Some nature conservationists in London took a pure view that self-colonisation of roofs should be a key principle of habitat creation. This, although fine at a terrestrial level, has proved not to be the best approach as it allows invasive plants to establish. A similar debate arose within the nature conservation sector in Switzerland where seeding with appropriate local seed mixes is now the norm in Basel, Lucerne, or Zurich. This approach is now being encouraged to in London to overcome a number of maintenance and 'visual' issues.

It has also been important that the green roofs of greatest value to biodiversity in Switzerland are varied, whether those designed for lizards at the Zurich Railway station, the Orchid Roof in Moos, Wollishofen, or the roofs in Basel

designed for invertebrates. The construction industry and the green roof industry tend towards homogeny. Green roofs that are there to deliver biodiversity of local or regional importance need due consideration of the needs of the species, the habitat types and fundamentally the substrate/seeding properties.

Localism and regionalism are an important element in the design process. The partnership has strengthened our argument in the UK, and it is now possible and tenable to achieve specific biodiversity gain through the use of green roofs. This is a movement away from green roof publicity literature highlighting the benefit of green roofs for wildlife. Often bees are used in such literature to demonstrate the value of generic systems. But where will bees nest in a sedum blanket when they need soft, friable substrates to nest in?

#### **2.4 Research**

Swiss research linking rare invertebrates with green roof design is now recognised internationally. Although the research specifically addressed issues of relevance to nature conservation in London, there was still pressure to demonstrate that conventional green roof systems could be modified to improve biodiversity. Could 'brown' roof systems actually deliver gain for rare invertebrate and bird species in the London area?

To square this circle, though the author finds this notion of a need for national evidence frustrating, the London Biodiversity Partnership managed to raise funds to instigate a three year PhD study based at Royal Holloway University of London. This study builds on two studies undertaken in 2002 to look at invertebrate populations on green roofs and brownfield sites in the London area (Jones, 2003; Kadas, 2002), and is directly linked to ongoing research in Switzerland. Hopefully, research study ground-nesting birds and green roofs will soon follow to sister current research by Swiss colleagues.

### **3 Results**

The UK + CH partnership has certainly raised the profile of green roofs in the UK and specifically green roofs designed for biodiversity. Through the tours and the dissemination of research, the findings and work in both countries has increased awareness amongst the nature conservation communities. More importantly, in certain areas of London the partnership has ensured that green roofs must be designed specifically for biodiversity. Unfortunately there is not the professional expertise and understanding of green roof systems *per se* and therefore how best to design such systems. The green roof industry has responded, although there is some 'positioning' that green roofs are different from green roofs designed for biodiversity. Fundamentally, the problem lies with designers and architects who are overly concerned with the aesthetics of such systems. Taking architects to see green roofs designed for biodiversity maybe the best means to win over this sector. Many of the architects who visited Switzerland are now actively working to get green roofs *per se*. And, in many cases, architects are specifically trying to ensure that green roofs are designed to meet biodiversity targets.

Research in the UK has shown that even generic systems are supporting rare species and, as importantly, a range of common invertebrate species. A preliminary study of the largest green roof in the UK suggests that green roofs could be of importance to a number of key species in rural locations.

### **4 Conclusion**

Over the last 4 years, much has been achieved with little resources but a great deal of commitment. It is hoped that further tours for professionals will follow in future years, and that ongoing research will be consolidated and built upon. As more green roofs designed for biodiversity are implemented in the UK, there is room to monitor and establish how they are performing and how design may be improved.

The collaboration has illustrated the importance of individuals and groups finding time and resources for collaboration. This is especially true in relationship to countries such as the UK, where green roofs are marginal and prone to a fickle market. Furthermore the UK green roof market is developing rapidly and, I believe will grow exponentially, as it has over the last few years. The UK + CH Partnership has allowed non-commercial interests to set an agenda for green roofs in both countries. From the London point of view, it has ensured that if, and when, green roofs become mainstream in the UK, biodiversity will be a key factor in their implementation.

## 5 References

- Brenneisen S (2003) The benefit of biodiversity from Green Roofs – Key design Consequences, Green Roofs for Healthy Cities, Chicago
- Brenneisen S (2004) From Biodiversity Strategies to Agricultural Productivity, Green Roofs for Healthy Cities, Toronto.
- Frith M and Gedge D (2000) The black redstart in urban Britain; a conservation counundrum? British Wildlife, 11, 381 – 388.
- Gedge D (2001) Roofspace – a place for brownfield biodiversity? ECOS, 22,
- Gibson C W D (1998) Brownfield: red data. The values artificial habitats have for uncommon invertebrates. English Nature Research Report No.273
- Harvey P (2001) The East Thames Corridor; a nationally important invertebrate fauna under threat. British Wildlife, 12, 91 – 98.
- Jones R (2002) Brown can be beautiful. Urbio, 2, 12-13.
- Jones R (2003) Tecticolous invertebrates. A preliminary investigation of the invertebrate fauna on ecoroofs in urban London [www.livingroofs.org](http://www.livingroofs.org)
- Kadas G (2002) Study of invertebrates on green roofs – how roof design can maximize biodiversity in an urban environment. UCL (unpublished data)

Dusty Gedge, [Livingroofs.org](http://Livingroofs.org)  
7, dartmouth grove  
London SE10 8AR, UK  
[dustygedge@yahoo.co.uk](mailto:dustygedge@yahoo.co.uk)

# Noch mehr Grün auf Basels Dächern

**Reto Locher**, Geschäftsführer Stiftung Natur & Wirtschaft, Projektleiter der Aktion «Das bessere Flachdach 05/06», Schweiz

## Abstract

Vor acht Jahren führte der Kanton Basel-Stadt die Aktion «Das bessere Flachdach» durch. Das Förderprogramm für mehr Grün auf Basels Flachdächern war ein grosser Erfolg: rund 85'000 Quadratmeter Dachflächen konnten begrünt werden. Noch immer besteht aber ein grosses Potenzial für Flachdachbegrünungen in der Stadt Basel. Mit einer zweiten Aktion, die Ende September 2005 startet, sollen weitere 35'000 Quadratmeter begrünt werden. Ziel dabei ist (einerseits die thermische Isolation der Gebäude zu verbessern und damit einen wesentlichen Energiesparbeitrag zu leisten. Andererseits sollen aber auch ökologisch wertvolle und ästhetisch ansprechende Dachlandschaften geschaffen werden. Für die neue Flachdachaktion stehen 1,5 Millionen Franken aus dem Energiesparfonds der Stadt Basel zur Verfügung.

## Yet more green on Basels roofs

Eight years ago, the Canton of Basel-Stadt implemented «The better flat roof» campaign. This promotional program was successful in putting more green on Basel's flat roofs: around 85,000 m<sup>2</sup> roof surfaces were greened. However, great potential still remains for the greening of flat roofs in the City of Basel. With a second program, which will begin at the end of September 2005, a further 35,000 m<sup>2</sup> roof surfaces will be greened. The goal is, on the one hand, to improve the thermal insulation of the buildings and thereby achieve considerable savings in premium energy costs. On the other hand, ecologically-valuable and aesthetically-appealing roof landscapes shall also be created. The new flat roof program will receive 1.5 Million Swiss Francs, made available from the Energy Savings Fund of the City of Basel.

## 1 Einleitung

Vor acht Jahren führte der Kanton Basel-Stadt die Aktion «Das bessere Flachdach» durch. Das Förderprogramm wurde mit 1 Million Franken aus dem Energiesparfonds finanziert. Insgesamt wurden Dachflächen im Umfang von acht Fussballfeldern begrünt. Geplant war etwa die Hälfte – die Aktion war somit ein grosser Erfolg. Es gibt trotzdem noch immer in Basel rund 200 Hektaren an Flachdächern, die begrünt werden könnten. Aus diesem Grund hat sich der Kanton Basel-Stadt für eine zweite, leicht abgeänderte Durchführung der Flachdach-Aktion entschlossen.

Im Zentrum der ersten Flachdach-Aktion standen die Etablierung der Technik und die breite Sensibilisierung der Öffentlichkeit. Dank einer breit angelegten Kommunikationskampagne wurden bestehende Vorurteile gegenüber Flachdächern weit gehend beseitigt. Das Förderprogramm stiess denn auch auf grosses Interesse in der Bevölkerung: Insgesamt gingen 135 Gesuche um Subventionsgelder beim Kanton ein. Die eingereichten Gesuche umfassten eine Gesamtfläche von 85'000 Quadratmetern, was in etwa acht Fussballfeldern entspricht. Die Spannweite der begrünt Flächen war so erstaunlich, wie die unterschiedlichen Liegenschaftsformen. Die kleinste Dachfläche, die begrünt wurde, hatte gerade mal 17 Quadratmeter und befindet sich auf dem Windfang eines Einfamilienhauses. Die grösste Fläche wurde auf einem 5000 Quadratmeter grossen Neubau eines Industriebetriebes angelegt.

## 2 Mehr Natur, weniger Energie

Die realisierten Projekte waren mit einer Sanierung der Dachhülle verbunden. Dadurch verbesserte sich auch die thermische Isolation zahlreicher Gebäude. Dies ergab zusätzlich einen wesentlichen Energiespareffekt. Denn der grösste Teil der Energie in der Region wird für die Beheizung von Gebäuden verwendet. Dank der neuen Gründachflächen können in Basel seither jährlich rund 4 Gigawattstunden Heizenergie eingespart werden.

Die Flachdach-Aktion war aber auch ein grosser Erfolg für das Basler Gewerbe, löste sie doch Gesamtinvestitionen von rund 13,5 Millionen Franken aus! Davon profitierten vor allem Flachdachanbieter. Nicht zuletzt gab das Förderprogramm Anlass, die Dachbegrünung im kantonalen Baugesetz festzulegen. Seit 2002 müssen im Kanton Basel-Stadt alle neuen Flachdächer begrünt werden. Die Aktion war also ein Erfolg auf allen Ebenen!

### 3 Vom Gründach zum Wohlfühldach

Mit der neuen Aktion wollen wir am Erfolg der ersten anschliessen. Wie bereits erwähnt, ist noch immer ein riesiges Potenzial vorhanden. Hauptziel ist es rund 35'000 Quadratmeter Flachdachfläche zu begrünen. Die neue Aktion verfolgt aber noch weitere Ziele.

So will die Flachdachaktion 2005/2006 vermehrt zu einer frühzeitigen Renovation der Dachflächen anregen. Die Hausbesitzer sollen nicht nur bei einer ohnehin bevorstehenden Dachrenovierung von den Subventionsbeiträgen profitieren. Durch finanzielle Anreize sollen die Hausbesitzer motiviert werden, schon frühzeitig ihre Flachdächer zu sanieren. Um dies etwas zu steuern, werden unterschiedliche Subventionsbeiträge ausbezahlt. Statt 30 Franken pro Quadratmeter für die Renovierung eines alten Daches erhalten Bauherren, welche sich für eine frühzeitige Sanierung entscheiden 40 Franken pro Quadratmeter Flachdach. Das entspricht etwa 40 Prozent der Mehrkosten. Wenn möglich, soll durch unterschiedliche Schichtdicken eine Art von Landschaft geschaffen werden, welche verschiedene ökologische Nischen umfasst.

Dann kommt bei der neuen Aktion aber noch ein weiterer Aspekt hinzu. Die Flachdächer sollen nicht nur ökologischen und energetischen Ansprüchen genügen, sondern auch die Lebensqualität im dicht bebauten städtischen Raum steigern. Wir stellen uns vor, dass insbesondere einsehbare Dachflächen in Innenhöfen von Wohnsiedlungen, Verwaltungsgebäuden, Industriebauten oder Spitälern mit attraktiven Dachgärten verschönert werden.

Somit wird mitten in der Stadt ein Stück vielfältige Natur geschaffen, das zum Wohlbefinden der Anwohner oder Mitarbeitenden beiträgt. Danach befragt, was diese an begrünten Dächern am meisten schätzen, sind das nicht etwa die ökologischen oder energetischen Nutzen. Vielmehr lieben die Leute den Blick in's Grüne, das Erleben von Jahreszeiten, das ihnen mitten in der Stadt ermöglicht wird, wie eine Studie des geografischen Instituts der Universität Köln zeigt. Diese ansprechenden Dachlandschaften können durch das Erstellen von Kunstwerken noch bereichert werden. Wir denken dabei vor allem an Landart Objekte, welche aus natürlichen Materialien kreiert werden.

### 4 Stiftung Natur & Wirtschaft schafft Kontakte

In Kooperation mit der Stiftung Natur & Wirtschaft soll der Kontakt zu Industrie, Gewerbe und sozialen Institutionen geschaffen werden. Wie die erste Basler Flachdachaktion nämlich zeigte, besteht gerade in diesem Bereich ein grosses Potential. Rund ein Drittel der damals realisierten Projekte befinden sich auf Firmenarealen. Flächenmässig entsprachen diese Dächer sogar 50 Prozent der begrünten Fläche.

Die Stiftung Natur & Wirtschaft setzt sich Schweizweit für mehr Natur auf Firmenarealen ein. Für naturnah gepflegte Flächen vergibt die Stiftung das Qualitätslabel «Naturpark der Wirtschaft». Um das Label zu erhalten, müssen mindestens 30 Prozent des Gebäudeumschwungs naturnah gestaltet sein, d.h. diese Flächen müssen mit einheimischen und standortgerechten Pflanzen begrünt sein und dürfen nicht mit Bioziden behandelt werden. Naturnahe Wiesen dürfen nicht mehr als zweimal jährlich gemäht werden. Wo immer möglich, sollten Verkehrsflächen mit durchlässigen Bodenbelägen bedeckt sein, damit das Regenwasser möglichst natürlich versickern kann. Dies kurz zusammengefasst die wichtigsten Kriterien.

Knapp 250 Unternehmen haben diese Auflagen bisher erfüllt und wurden mit dem Qualitätslabel «Naturpark der Wirtschaft» ausgezeichnet. Das bedeutet 13,5 Millionen Quadratmeter wertvolle Naturflächen, davon 300'000 Quadratmeter in Form von begrünten Dächern. Und das mitten in Industrie- oder Siedlungsgebieten!

Dass diese Areale ökologisch eine wertvolle Rolle spielen, zeigte der „Basler Tag der Artenvielfalt“, welcher 2003 im Naturpark der Ciba Spezialitätenchemie in Kaisten (AG) stattfand. Innerhalb von 24 Stunden haben die Artenspezialistinnen und –spezialisten 972 Arten entdeckt! Nicht nur wir von der Stiftung Natur & Wirtschaft waren von diesem Resultat überrascht und hoch erfreut, sondern auch die Fachleute staunten über die Artenvielfalt auf diesem Industrieareal. Einige der gefundenen Arten figurieren sogar auf der Roten Liste der bedrohten Arten der Schweiz, so zum Beispiel die Dohle (*Corvus monedula*) oder die Ödlandschrecke (*Oedipoda germanica*). Überraschungen gab es auch auf den Flachdächern dieses Areals: So wurde dort die Nelken-Haferschmiele (*Aira caryophyllaea*) und das Steifgras (*Catapodium rigidum*) entdeckt – beides Bewohner eher südlicher Gefilde.

Zwei Luzerner Maturandinnen haben 2003 zudem die Artenvielfalt auf einem 1600 Quadratmeter grossen Flachdach in der Agglomeration von Luzern untersucht. Dabei haben sie mehr als 60 Pflanzenarten entdeckt, darunter mehrere Orchideenarten sowie potentiell gefährdete Arten wie Mäuse-Federschwingel (*Vulpia myuros*) und Heide-Nelke

(*Dianthus deltoides*). Über Bodenbrüter, die begrünte Flachdächer als Bruthabitat nutzen, kann Ihnen Stephan Brenneisen mehr berichten. An der Studie der Hochschule Wädenswil beteiligen sich auch zahlreiche zertifizierte Naturparks.

All diese Resultate spornen an, bei der neuen Basler Flachdachaktion vermehrt auch Industrie- und Gewerbegebäude einzubinden. Denn Flächen mässig liegt hier wohl nach wie vor das grösste Potential. Die Stiftung Natur & Wirtschaft möchte deshalb ihre Erfahrungen und Kontakte in die Basler Flachdachaktion einbringen und somit Synergien nutzen.

## **5 Ein Plus für alle**

Schliesslich gibt es noch etwas Spezielles an dieser neuen Flachdach-Aktion. Die beteiligten Flachdachunternehmen haben sich bereit erklärt, einen Teil ihrer Einnahmen an ein Obdachlosenprojekt in Vietnam zu spenden – für Menschen also die kein Dach über dem Kopf haben! Somit wird auch der sozialen Komponente der Nachhaltigkeit Folge geleistet.

Die zweite Flachdach-Aktion des Kantons Basel-Stadt wird im Herbst 2005 lanciert und dauert ein Jahr lang. Die Regierung hat dafür 1,5 Millionen Franken Förderbeiträge gesprochen. Damit können rund 35'000 Quadratmeter wärmetechnisch saniert und begrünt werden. Durch eine breit abgestützte Kommunikationsarbeit und regelmässige Information der Öffentlichkeit soll die Aufmerksamkeit für die Aktion das ganze Jahr über erhalten bleiben. In die Aktion eingebunden, werden der Verband der Abdichtungsunternehmen Basel VERAS sowie der Gewerbeverband Basel-Stadt. Sie garantieren die fachgerechte Ausführung und Pflege der Flachdächer.

Wir sind optimistisch, dass die neue Flachdachaktion ebenso viel Erfolg hat wie die erste und Basel seine Vorreiterrolle als Gründach-Stadt weiter ausbauen kann.

Reto Locher, Comm-care  
Sälihalde 21  
CH- 6005 Luzern, Schweiz  
[locher@comm-care.ch](mailto:locher@comm-care.ch)

# Der Gründachmarkt in Deutschland – Marktspiegel, Analyse, Entwicklung

**Fritz Hämmerle, Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., Deutschland**

## **1 Einleitung**

Der Gründachmarkt in Deutschland hat sich im Jahr 2004 leider nicht weiterentwickelt. Dafür sind hausgemachte und externe Gründe gleichermaßen verantwortlich. Deutlich erkennbar waren aber auch positive Abläufe, wie die stetige Zunahme der Öffentlichkeitsarbeit der Verbände, die weiter verbesserte Rechtssicherheit und die wachsende Anerkennung der ökologischen und ökonomischen Vorteile, die synergetisch aus Gründächern erwachsen.

Ein kluger Kopf hat einmal gesagt: „Die Einführung und Anerkennung von vorteilhaften Neuerungen dauert meist ein ganzes Jahrzehnt“. Welch ein Optimist. Das gilt bedauerlicherweise nicht für die ökologisch und ökonomisch hochwirksame Dachbegrünung. Drei Jahrzehnte haben nicht ausgereicht um Gründächern zum entscheidenden Durchbruch zu verhelfen. Sie müssten längst ein Standardgewerk bei allen Gebäuden mit Flachdächern sein.

Seit nunmehr 12 Jahren versucht der Autor die Situation auf dem Gründachmarkt zu analysieren und dessen Entwicklungschancen auszuloten. Der ersten Analyse, veröffentlicht im Jahr 1995, folgten 1998, 2002, 2003 und 2004 weitere Untersuchungen, die mit diesem Beitrag fortgeschrieben werden sollen. Das Aufzeigen vorhandener Marktpotenziale kann ein wichtiger Beitrag zur Förderung der Dachbegrünung sein.

## **2 Faktoren die den Gründachmarkt beeinflussen**

### **2.1 Die (Bau-) Konjunktur**

Die Nachfrage nach Gründächern wird von einer ganzen Reihe teilweise höchst unterschiedlicher Faktoren bestimmt. Ganz allgemein gelten hier die gleichen Kriterien, wie in der Baubranche. Verstärkt durch die Tatsache, dass die Dachbegrünung am Ende der „Finanzierungsschlange“ beim Hausbau steht. Bekanntlich beißen den letzten die Hunde. So steht und fällt auch der Gründachmarkt mit der Bereitschaft zur Investition und da sehen derzeit die Aussichten nicht gerade rosig aus.

### **2.2 Der Flachdachmarkt**

Insbesondere der Flachdachmarkt ist mitbestimmend für die Marktentwicklung bei Dachbegrünungen. Es ist bereits zu einer Tradition des DDH (Deutsches Dachdeckerhandwerk) geworden, den Flachdachmarkt in einem Marktspiegel und durch die Darstellung der Ausschläge des Konjunkturbarometers transparent zu machen. So sollen auch in diesem Beitrag die entsprechenden Arbeiten und Veröffentlichungen im DDH von Haushofer, Dr. Henseleit und Hoeft als Basis für die Einschätzung des Marktes für Gründächer herangezogen werden.

Die aktuellsten Angaben dazu findet man im Beitrag von Markus Hoeft im DDH 17/2004. Dort wird dargestellt, dass der Flachdachmarkt in 2003 rückläufige Tendenzen aufweist.

Die Vorjahreszahlen konnten nicht gehalten werden.

### **2.3 Die Wirkungen von Dachbegrünungen**

Die positiven Wirkungen von Gründächern gewinnen zunehmend an Bedeutung. Gleichmaßen in ökologischer und bauphysikalischer sowie in ökonomischer Hinsicht. Es bestehen enorme Potenziale bei der Wärmedämmung und beim sommerlichen Wärmeschutz; mit großen Chancen zur Energieeinsparung. Die wichtige Fähigkeit von Dachbegrünungen nämlich Wasser zurückzuhalten, ist unbestritten. Gründächer schützen vor hochfrequenter Strahlung, vor Emissionen, vor Lärm, die Abdichtung vor Alterung und Beschädigungen. Sie bieten neue Lebensräume für bedrohte Tiere und Pflanzen und schaffen einen Ausgleich für die Eingriffe in die freie Landschaft. Um nur die wesentlichen positiven Eigenschaften zu nennen.

Allerdings drängt sich hier die Frage auf, ob diese guten Eigenschaften einem breiten Publikum und den Entscheidungsträgern in Verwaltung und Politik bekannt sind.

### **2.4 Das Gründachmarketing**

Eine Dachbegrünung „kommt sehr attraktiv daher“. Es sollte eine wahre Freude für jeden PR-bewussten Zeitgenossen sein, dieses spektakuläre Produkt mit einem hohen Aufmerksamkeitswert am Markt zu platzieren. Die Wirklichkeit

sieht aber anders aus. Immer noch werden der Begrünung von Dächern mehr Vorbehalte als Sympathien entgegengebracht. Auch deshalb stagniert der Gründachmarkt. Es liegt also nicht nur an negativen äußeren Einflüssen. Die Wachstumshemmer sind auch hausgemacht.

Trotz vielfacher Bemühungen, ist es immer noch nicht gelungen die potenziellen Käufer positiv einzustimmen, ihre Ängste und Vorbehalte abzubauen und für Gründächer ein Kultmarketing zu entwickeln. Es ist immer noch nicht „in“ ein Gründach sein eigen zu nennen. Die Widerstände gegen „Grünzeug auf dem Dach“ treiben auch heute noch absurde Blüten und bestätigen den sarkastischen Spruch eines Aphoristikers: „Zwei Dinge sind unendlich: Das Universum und die Dummheit – wobei ich beim Universum nicht ganz sicher bin“.

### **3 Die Ermittlung von Marktdaten für Gründächer**

#### **3.1 Bewährte Datenquellen, Erfahrungen und Einschätzungen**

Auf verlässliche, den Gründachmarkt unmittelbar betreffende Statistiken kann man leider immer noch nicht zurückgreifen. Deshalb kann auch diesmal nur über eine Annäherung ein aussagekräftiges Zahlenmaterial vorgelegt werden. Eine ganze Reihe von sekundären, aber sehr qualifizierten Daten können allerdings herangezogen werden, die mit einander abgeglichen ein deutliches Bild des Gründachmarktes ergeben. Ohne dass man dabei auf eine Million m<sup>2</sup> genau sein kann. Mit der bereits sechsten Analyse in 11 Jahren, kann aus der langjährigen Entwicklung auch ein Trend erkannt werden. Im Gegenzug erwächst daraus die Chance aus den gesicherten Werten der Vorjahre die aktuelle Analyse zu konsolidieren. Im Folgenden sollen die im Wesentlichen herangezogenen Daten- und Einschätzungsquellen genannt und auf ihre Zuverlässigkeit und Verwendbarkeit hin überprüft werden.

#### **3.2 Statistiken und Angaben aus Verbänden**

Zunächst gibt es Angaben des Statistischen Bundesamtes über den Umfang der Flachdachproduktion. Diese Zahlen ergeben zusammen mit den Veröffentlichungen des vdd (Verband der Hersteller von Bitumen- und Polymerbitumendachbahnen), des DUD (Zusammenschluss der Hersteller von hochpolymeren Dachbahnen), bereits ein verlässliches Bild des Marktes für Flachdachabdichtungen.

Die darauf aufbauenden oben genannten Analysen des Flachdachmarktes von M. Hoeft, bildet dabei die Basis für die Ermittlung der nachstehenden Aussagen.

Ergänzt werden diese qualifizierten Fakten durch aussagekräftige Veröffentlichungen von markt- und branchenführenden Unternehmen sowie von der Zuliefer- und der Dämmstoffindustrie, um die wichtigsten zu nennen.

#### **3.3 Angaben aus der Dachbegrünungsbranche**

Konkrete Angaben, direkt aus der Dachbegrünungsbranche sind nach wie vor nur sehr schwer zu erhalten oder nicht repräsentativ. Aber zu Trendbeschreibungen sind doch viele angefragte Produzenten und Verleger bereit. Die Angaben u.a. von Herstellern durchwurzelungsfester Bahnen und Beschichtungen, von Substratproduzenten und Herstellern von Dränmaterialien, lassen einen Rückschluss auf den Umfang ausgeführter Dachbegrünungen zu.

#### **3.4 Rückmeldungen aus früheren Analysen**

Viele Hersteller und Systemanbieter verfügen über eigene Datensammlungen und Marktauswertungen. Aus diesen Erkenntnissen kann man bei der Marktbeurteilung indirekt profitieren. Die letzten Marktanalysen des Autors veranlassten - neben zahlreichem bestätigendem Zuspruch - einige firmeninterne Marktanalysten auch zu kritischen Reaktion. Ganz sicher sind alle Rückmeldungen hoch interessante Anhaltspunkte, die in ihrer Summe zur Festigung und zur neuerlichen Hinterfragung der Beurteilungskriterien und der getroffenen Aussagen dienen können.

Verschiedene Veröffentlichungen über den Gründachmarkt oder aus angrenzenden Branchen sind zur Abrundung das Gesamtbildes tauglich.

### **4 Der aktuelle Gründachmarkt in Deutschland**

Die ermittelten Daten und Fakten, die Einzelaussagen zu konkreten Zahlen, die subjektiven Marktbeurteilungen, die Aussagen zum Flachdachmarkt und zur Konjunktur, die Trendmeldungen und vieles andere mehr, führten in ihrer Summe, nach gründlicher Prüfung und kritisch hinterfragter Gewichtung zu den nachfolgenden Ergebnissen.

#### **4.1 Die Entwicklung des Gründachmarktes**

Angaben in Millionen m<sup>2</sup> Gründachflächen:

1994:	9,0
1997:	11,0
2001:	13,5
2002:	13,5
2003:	13,5
2004:	13,0
2005 geschätzt:	13,0

Der Marktanteil (in Quadratmeter) von Intensivbegrünungen liegt nach Schätzungen bei ca. 15%. Der Anteil von extensiv begrünten Dächern liegt damit bei ca. 85%.

Der Marktanteil der Steildachbegrünungen ist trotz großem Kundeninteresse, leider vernachlässigbar gering geblieben.

Der deutsche Gründachmarkt ist derzeit leicht rückläufig. Das hängt mit Sicherheit mit der allgemeinen wirtschaftlichen Situation zusammen. Die Baukonjunktur ist äußerst schwach und das wirkt sich besonders negativ auf die Nachfrage nach Gründächern aus. Im Gegenzug darf man davon ausgehen, dass bei anziehender Baukonjunktur auch der Markt für Dachbegrünungen in Deutschland wieder eine positive Entwicklung erfahren wird.

#### **4.2 Der internationale Gründachmarkt**

Nur in Ansätzen kann von einem globalen Trend zur Begrünung von Bauwerken gesprochen werden. Mit Abstufungen kann allerdings eine gleichlaufende Entwicklung europa- und weltweit beobachtet werden.

Zunächst ein Blick auf die europäischen Länder und hier insbesondere auf die Nationen, die sich in der EFB – Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände – zusammengeschlossen haben. In Österreich und in der Schweiz sind Branchenstrukturen und Marktanteile festzustellen, die denen in Deutschland in nichts nachstehen. Ganz im Gegenteil sind dort Entwicklungen in Richtung Normung, Qualitätssicherung und Markterschließung sichtbar, die für Deutschland einen Vorbildcharakter darstellen. Doch dazu später mehr. Auch die anderen EFB-Mitglieder, Italien, Niederlande und Ungarn sind auf dem besten Weg die Bauwerksbegrünung in ihren Ländern zu einer respektablen Bedeutung auf ökologischer und ökonomischer Ebene zu verhelfen.

Auch in zahlreichen anderen europäischen Staaten laufen ähnliche Entwicklungen ab. Ganz generell kann gesagt werden, dass Gründächer weltweit an Bedeutung gewinnen. Die Intensität der aufkommenden Gründachidee hängt ganz eindeutig vom jeweiligen Grad der Flächenversiegelung in der jeweiligen Region oder Stadt ab. Ballungsräume wie Tokio und Shanghai, die einen rasanten Flächenverbrauch und dessen negative Folgen beklagen, sind ein Beispiel für den Wunsch in der Dachbegrünung eine Kompensation dieser enormen Umwelteingriffe zu finden. Konsequenterweise haben beispielsweise die Stadtväter von Tokio eine Verordnung erlassen, die Gründächer bei allen Neubauten mit Flachdächern verbindlich vorschreibt. Auch in der chinesischen Industriemetropole Shanghai werden ähnliche Maßnahmen erwogen.

Bemerkenswerte Kongresse in den USA machen deutlich, dass auch in Nord- und Mittelamerika das Gründach auf dem Vormarsch ist. Dort breitet sich fast schon eine Gründacheuphorie aus, deren Tempo und Intensität überrascht. Natürlich ist es vor allem für die USA typisch, dass die medienwirksame Auswertung des Themas rasch und publikumswirksam abläuft. Es wurde bereits das größte Gründach der Welt - mit 40.000 m<sup>2</sup> Fläche - natürlich in den USA ausgemacht und ins Guinnessbuch der Rekorde eingetragen.

### **5 Mögliche Ursachen für den Rückgang der jährlich gebauten Gründachflächen**

#### **5.1 Konjunkturelle Einflüsse**

Natürlich ist der Gründachmarkt der schwachen Baukonjunktur mit allen Konsequenzen ausgesetzt. Doch hier kann sich auch wieder eine Wende einstellen. Positive Konjunktursignale lassen dann wieder auf eine Belebung des Geschäfts hoffen.

## **5.2 Qualitätsverlust**

Schwerwiegender sind die hausgemachten Wachstumshemmer. Denn auch ohne einen konjunkturellen Aufschwung gibt es Entwicklungspotenziale genug, da derzeit nur jedes siebte Flachdach begrünt wird. Dabei zeichnet sich ein Problem immer deutlicher ab. Das ist der permanente Qualitätsverlust. Wir verfügen in Deutschland über einen hohen Stand der Technik. In direktem Zusammenhang sind auch unsere Regelwerke und Prüfverfahren fast schon als perfekt zu bezeichnen. Es gibt qualifizierte Ausführungsbetriebe, die ihr Geschäft verstehen. Doch nun reißt die logische Kette von lobenswerten Rahmenbedingungen abrupt ab. Was nützt das beste Regelwerk, wenn es nicht beachtet wird. Prüfzeugnisse renommierter Institute sind oft das Papier nicht wert, auf dem sie stehen, wenn niemand kontrolliert, ob das eingebaute Produkt dem Prüfzeugnis entspricht. Architekten halten sich oft nicht an die anerkannten Regeln der Technik, schreiben nicht die Produkte aus, die einer permanenten unabhängigen Kontrolle unterliegen. Die Folge sind Dachbegrünung, die den Tag ihrer Abnahme nur kurze Zeit überleben. Der Autor fordert deshalb seit vielen Jahren die Einführung eines „Grünen TÜV“, einer Überwachungsinstitution zur Effizienzkontrolle, wie es Professor Liesecke so treffend bezeichnet.

Ohne die konsequente Anwendung der anerkannten Regeln der Technik und den Einsatz geprüfter und kontrollierter Materialien einschließlich einer regelgerechten Pflege, schreitet der Qualitätsverlust weiter fort und schadet der weiteren Verbreitung der Dachbegrünung in entscheidender Weise. In unseren Nachbarländern wird in dieser Hinsicht mehr getan. Die Schweiz führte eine Qualitätssicherung durch ein Gründachlabel ein, um eine garantierte und kontrollierte Gründachqualität sicherzustellen. In Österreich wird die Dachbegrünungsrichtlinie zur ÖNorm erhoben, um auch dadurch den anerkannten Regeln der Technik mehr Gewicht zu verleihen. Das sind einige Beispiele dafür, wie dem verheerenden Qualitätsverfall zum Schaden des Gründachmarktes entgegengewirkt werden kann. Man sollte hier ansetzen, wenn uns die weitere Erschließung des Gründachmarktes am Herzen liegt.

## **5.3 Öffentlichkeitsarbeit**

Vorausschauend muss die PR-Strategie für die Begrünung von Dächern neu überdacht werden. In Fachkreisen ist das Thema erschöpfend behandelt worden. Es ist (fast) alles gesagt und geschrieben. Nur die potenziellen Käufer, der Endverbraucher, tappt noch weitgehend im Dunkeln. Er ist schlecht oder gar nicht informiert und kultiviert seine negativen Vorurteile und seine Bedenken. Die Öffentlichkeitsarbeit muss nach dem Grundsatz handeln, dass der Wurm an der Angel dem Fisch schmecken muss, nicht dem Angler. Die Fachvereinigung Bauwerksbegrünung folgt dieser Prämisse seit mehreren Jahren und streut die Gründachinformationen breit unter das Volk. Vor wenigen Jahren konnte die Anzahl der jährlichen FBB-Presseaktionen noch an den Fingern einer Hand abgezählt werden. Im letzten Jahr gab es demgegenüber 87 Pressekontakte, die in den unterschiedlichsten, meist Endverbrauchermedien veröffentlicht wurden. Auch in diesem Jahr sind in den ersten sieben Monaten bereits 45 Veröffentlichungen durch die FBB erfolgt. Dabei erreichte man erstmals, dass auch Boulevardmedien, wie die Bild am Sonntag eine Doppelseite der Dachbegrünung widmete.

## **5.4 Administrative Zuständigkeiten**

Als ein Wachstumshemmer für das Gründach ist auch die kommunale Zuständigkeit für das Baurecht zu nennen. Jede Kommune übt – im Rahmen der jeweiligen Landesbauordnung das Baurecht souverän aus. Die Verwaltungsspitze, die Baurechtsabteilungen und dann die gemeinderätlichen Gremien bestimmen weitgehend selbständig, was und vor allem was nicht im Baurecht ihrer Kommune geschieht. Alle Entscheidungen, die Gründächer positiv oder negativ berühren, trifft jede Gemeinde ganz allein und fast ohne Anfechtung durch eine übergeordnete Stelle. Somit steht eine immer wiederkehrende Aufgabe an: Zigtausend mal muss man Vorurteile abbauen, argumentieren, überzeugen, unterstützen und manchmal auch prozessieren, um einer Sache zum Durchbruch zu verhelfen, von dessen Ergebnis am Ende jeder begeistert ist. Hat man die eine Kommune überzeugt, gilt es den gleichen Kampf im nächsten Rathaus von vorne zu beginnen. Diese Entscheidungsstruktur ist ein dicker Bremsklotz beim Unterfangen Dachbegrünungen zum Durchbruch zu verhelfen. Die Politik ist gefragt, um diesem Unwesen ein Ende zu bereiten. Die direkte Einflussnahme auf die Politik muss deshalb auch eine Aufgabe von Verbänden werden.

## **6 Fazit**

Bei der Analyse des Gründachmarktes ist die Sicherung der Aussagen durch exakt ermittelte Daten und Fakten nur bedingt möglich. Annäherungswerte müssen ergänzend bemüht werden. Erst die Verknüpfung von subjektiven Erfahrungen und Fakten aus verschiedenen Bereichen sowie ihre vorsichtige Interpretation lassen ein brauchbares Ergebnis entstehen. Zweifelsfrei erkennbar sind Trends, die zur Unterstützung und Sicherung der ermittelten Zahlen beitragen.

Der Gründachmarkt in Deutschland ist erstmals leicht rückläufig. Das ist unverkennbar. Die desolate Konjunktur ist dafür nur eine Erklärung von mehreren. Vor allem hausgemachte Wachstumshemmer schwächen die Nachfrage nach Dachbegrünungen. Deshalb müssen alle Möglichkeiten ergriffen werden, um die erkennbaren Hemmnisse abzubauen.

Ansatzpunkt für eine Verbesserung der Nachfrage nach Gründächern ist unter anderem die Qualitätssicherung. Damit kann erreicht werden, dass die vielgerühmten Vorteile von Dachbegrünungen auch – das Wortspiel sei erlaubt – nachhaltig ihre ökologische Nachhaltigkeit behalten. Weiterhin muss die Stoßrichtung der Öffentlichkeitsarbeit überdacht werden, um direkt den Endverbraucher anzusprechen. Besonders schwierig wird es sein die verkrusteten Verwaltungsstrukturen auf zu brechen, um die kommunale Kleinkrämerei beim Baurecht abzubauen. Die Politik muss dafür sorgen, dass Gründächer in Bebauungsplänen verbindlich vorgeschrieben werden und dass begrünte Gebäude bei den Abwassergebühren entlastet werden.

Nur wenn diese Ziele weitgehend erreicht werden, hat die weitere Verbreitung der Dachbegrünung eine Chance. Der Weg wird weiterhin mühsam und steinig sein. Aber man sollte es mit Heinrich Heine halten, der Mut zusprechend sagte: „Schlage die Trommel und fürchte Dich nicht“.

## **7 Quellen**

- Anonym, 2001: Konjunkturbarometer. Die Situation hat sich stabilisiert. DDH 22. Seite 42 ff.  
Hämmerle, F., 1995: Die Bauwerksbegrünung in Deutschland – Markt und Marktentwicklung. Dach und Grün 3. Seite 7 ff.  
Hämmerle, F., 1998: Da geht noch mehr. Aktuelle Marktdaten. DDH-Gründach-Edition. Seite 74 ff.  
Hämmerle, F., 2002: Grün wächst Marktspiegel. DDH 14. Seite 22 ff.  
Haushofer, Bert A., 2001: Marktspiegel Flachdach. Erfolgreiche Arbeit in einem schwierigen Markt. DDH 10. Seite 10 ff.  
Hoeft, M., 2003: Markt in etwa stabil Flachdachmarkt. DDH 7. Seite 6 ff.  
Hoeft, M., 2004: Sanierung dämpft rückläufige Entwicklung Flachdachmarkt. DDH 17. Seite 16 ff.

Fritz Hämmerle, arti-grün  
Karl Str. 20  
D- 71254 Ditzingen, Deutschland  
fhaemmerle@arti-gruen.de

## **Session 1B: Plants and vegetation for green roofs**

### ***Pflanzen und Vegetationsplanung für Dachbegrünungen***

# Wie bringen wir Artenvielfalt auf extensiv begrünte Dächer?

Johannes Burri, UFA-Samen, Winterthur, Schweiz

## Abstract

Im Schweizer Mittelland finden wir etwa 1700 verschiedene Pflanzenarten. Etwa 500 davon würden sich auf Extensivdächern etablieren können. Auf neu angelegten Dächern sind wir dennoch mit 20 Arten schon sehr zufrieden. Häufig findet man auf Dächern, auf denen vor 5 Jahre ausgesät wurde, weniger als 10 gewünschte Pflanzenarten.

Wir möchten aufzeigen, dass es nebst Fetthennen, Thymian und Felsennelken noch viele weitere, einheimische, geeignete Wildpflanzen gibt, Arten die sich langfristig auf dem Dach behaupten können. Und wir wünschen uns, dass unsere Extensivdächer reicher und die Bauherrschaft dabei aber nicht ärmer wird.

## How do we introduce biodiversity onto extensive green roofs?

Around 1,700 different plant species occur naturally in the Swiss midlands, and of these around 500 could perform quite comfortably on extensive green roofs. On newly installed roofs, nevertheless, we are satisfied with 20 species and, often, after 5 years a green roof may support less than 10 desired plant species.

We would like to show that there are many more native, and suitable, wildflowers besides stonecrops (*Sedums*), Thyme and carnations (*Dianthus*) which would perform well over the long-term on a rooftop. We would also hope that these richer extensive green roofs will not cause the builders to be poorer.

## 1 Einleitung

Bitte besteigen Sie mit mir einen Heissluftballon. Wir machen eine Fahrt über das Schweizer Mittelland. Unter uns liegen grosse Dörfer und Städte. Erstaunlich! Sehr viele Flachdächer sind begrünt. Einige Dächer leuchten in einem saftigen Grün, andere fallen uns als bunte Farbtupfer auf, vorbildlich diese Schweizer!

Bei aller Begeisterung merken wir nicht, wie unser Gasvorrat langsam zu Ende geht. Wir müssen notlanden. Kein Problem, wir setzen mitten auf einem begrünten Flachdach auf. Das Gründach, das wir betreten, gehört offensichtlich nicht in die Kategorie „gelungen“! – Zufall?

Wer sich regelmässig begrünte Extensivdächer ansieht, Dächer die älter sind als drei Jahre, ist enttäuscht: Gelungene Extensivdächer sind in der Schweiz fast so selten wie Braunbären...

## 2 Dachbegrünungskategorien im Schweizer Mittelland

Die Dächer im Schweizer Mittelland lassen sich, nach meiner, vielleicht etwas subjektiven Einstufung, in die folgenden 5 Kategorien aufteilen. (Natürlich finden wir auf einigen Dächern auch verschiedene Kategorien nebeneinander).

### 2.1 Sedumwüste

2 bis 5 verschiedene Sedumarten dominieren den Bestand. Weitere Pflanzenarten sucht man vergeblich. Der Deckungsgrad beträgt 60 – 100 %. Wer genau im richtigen Augenblick ein solches Dach besichtigt, kann durchaus ins Staunen geraten. Ein wahres Blütenmeer. Die Besitzer dieser Dachkategorie sind meistens restlos zufrieden. Sie glauben ihr Dach trage durchaus dazu bei, dass viele vom Aussterben bedrohte Pflanzen und Tiere jetzt wieder häufiger anzutreffen seien. Häufigkeit: ca. 50 % aller Dächer.

### 2.2 Mondlandschaft

Die Begrünung hat sich in den letzten Jahren klammheimlich verabschiedet. Von den ursprünglich ausgesäten oder ausgepflanzten Arten finden wir kaum noch ein Exemplar. Wenige Spontanarten konnten sich ansiedeln und vegetieren mühsam dahin... Der Deckungsgrad dieser Kategorie liegt unter 33 %. Häufigkeit: ca. 30 % aller Dächer.

### **2.3 Fettwiese**

Der Deckungsgrad der dritten Gruppe beträgt 100 %. Der Pflanzenbestand wirkt saftig grün und besteht vorwiegend aus Klee und Gras. Eine Milchkuh hätte ihre helle Freude... Häufigkeit: ca. 10 % aller Dächer.

### **2.4 Moos-Sumpfgesellschaft**

Auch in dieser Gruppe beträgt der Deckungsgrad gegen 100 %. Die Wasserführung auf solchen Dächern lässt Schlimmes erahnen. Beim Durchschreiten des Daches glaubt man, auf einem herrlich weichen Teppich zu stehen. Die Dachbegrünung besteht aus einer bis zu 10 cm dicken Moosschicht. Nebst Binsen, Schilf und anderen Sumpfgäsern machen sich verschieden Spontanarten breit. Häufigkeit: ca. 5 % aller Dächer.

### **2.5 Artreiches Extensivdach**

Der Deckungsgrad beträgt 60 – 80 %. 20 bis 50 verschiedene, einheimische, trockenheitsliebende Pflanzen sind anzutreffen. Die Vegetation erinnert uns an eine lockere Steppe mit Kräutern und Gräserhorsten. Sedumarten sind zwar vorhanden, sie sind aber nicht (oder nur stellenweise) bestandesbildend. Häufigkeit dieses wirklich schönen Extensivdaches liegt wahrscheinlich unter 5 %.

## **3 Sechs Hauptfaktoren zum artenreichen Gründach**

Allein die Tatsache, dass solch traumhaft schöne Extensivdächer existieren, hat uns motiviert, den Weg zum gelungenen, artenreichen Gründach zu suchen und die 6 Hauptfaktoren, die zum Ziel führen, hier vorzustellen:

### **3.1 Samenmischung aus einheimischen, regionalen Wildpflanzen.**

Das Schweizer Mittelland stellt uns etwa 250 grundsätzlich taugliche Dachkräuter und Dachgräser zur Auswahl. Wenn wir aus diesem reichen Angebot die 50 geeignetsten Arten auswählen, haben wir ein phantastisches Artenpotential. Wichtig ist aber, dass es sich ausschliesslich um regionale Wildpflanzen (Blumen und Gräser) handelt, die möglichst nahe vom Objekt gesammelt und vermehrt wurden.

### **3.2 Einsatz von einheimischen Sedumsprossen.**

Etwa 6 verschiedenen Sedumarten wachsen wild im Schweizer Mittelland. 4 – 5 Arten davon sind wie geschaffen für den Einsatz auf das Extensivdach. Wilde Sedumarten sind weniger aggressiv als Zuchtformen. Sie sind widerstandsfähig und sie sind an unser Regionalklima angepasst. Zudem sind sie punkto Attraktivität für Wildbienen und Schmetterlinge den importierten Zuchtformen meilenweit überlegen. Sedumsprossen sollten immer mit einer Samenmischung kombiniert werden.

### **3.3 Richtige Anbautechnik**

- Saatzeit: Mitte März bis Mitte Juni
- Maximal 0.5g Samenmischung pro m<sup>2</sup>
- Sedumsprossen immer in Kombination mit Samenmischungen ausbringen
- Dach niemals bewässern und auch nicht düngen
- Klebstoffeinsatz nur auf extrem windexponierten Dächern
- Falscher Saatzeitpunkt und schlechte Bedingungen können nicht durch erhöhte Saatmengen kompensiert werden

### **3.4 Pflanzen(wurzeln)-freundlicher Substrataufbau**

Wir finden auf dem Markt viele sehr gute Dachsubstrate, die genügend Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität haben. Die Feldkapazität liegt über 20 % und der Anteil an organischer Substanz beträgt mehr als 10 Gewichtsprozent. Sehr gute Resultate lassen sich auch mit durchlässigem Aushubmaterial aus dem C-Horizont erreichen. Bei hohem Lehmanteil muss das Substrat mit Wandkies ergänzt werden.

Damit verschiedene Pflanzen wachsen können, sollte das Substrat mindestens 8 cm dick ausgebracht werden. Am besten wird das Dach als „Buckelpiste“ angelegt. Die Erhöhungen können 15 bis 20 cm betragen. Stellenweise darf auf einem modellierten Dach die Substratdicke auch weniger als 8 cm betragen.

### **3.5 Gute Wasserführung**

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Extensivdach ertrinkt, ist um ein Vielfaches höher als dass es vertrocknet. Dem Wasserabfluss ist deshalb grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Die Distanz zum Ablauf darf nicht zu gross sein. Das minimale Gefälle beträgt etwa 1.5 %. Wird Aushubmaterial mit geringer Wasserdurchlässigkeit verwendet, sollte zusätzlich eine Dränschicht eingebaut werden.

### **3.6 ...und einige kleine „Extras“**

Kleine Spielereien machen das artenreiche Gründach erst richtig interessant. Also, keine falschen Hemmungen: Etwas Totholz, Wurzelstöcke, Baumstämme, etc. können niemals schaden. Auch einige grosse Steinbrocken bereichern das Dach. Zudem kann auch mit verschiedenen Substraten experimentiert werden: Mineralisches oder organisches Dachsubstrat, Geröll, Kies oder sogar etwas Bauschutt kann locker miteinander kombiniert werden.

## **4 Fazit**

Artenreiche, gelungene Extensivdächer sind durchaus machbar. Wir dürfen vom Extensivdach ruhig etwas mehr erwarten! Es wäre toll, wenn gedankenlose Ballonfahrer in Zukunft nur noch auf artenreichen Extensivdächern notlanden müssten.

Johannes Burri, UFA Samen Schweiz  
Sämereienzentrum Niderfeld  
Schaffhauserstr.6  
CH- 8401 Winterthur, Schweiz  
johannes.burri@fenaco.com

# Sedum für Dachbegrünung

**Daniel Labhart, Pflegeleichte Pflanzen für Garten und Dach, Schweiz**

## Abstract

Die Gattung Sedum wurde in zahlreiche Gattungen aufgeteilt. Wir unterscheiden heute 3 Gattungen für die Dachbegrünung: Die feinlaubigen, meist immergrünen Arten zu Sedum (*S. album*), die flachblättrigen, meist gelb blühenden und winterkahle Arten zu Phedimus (*Ph floriferus*) und die graulaubigen, herbstblühenden, meist höheren Arten zu Hylotelephium (*H. telephium*). Die Vor- und Nachteile dieser 3 Gattungen bewusst eingesetzt, gibt die Ideale Mischung auf dem Dach. Das Verwenden von Sedum- Sprossen ist sehr einfach und erfolgreicher als Saatgut. Zahlreiche, trockenresistente Arten bringen wir nur durch Ausstreuen von Sprossen auf das Dach. Es ist jedoch empfehlenswert Sprossen und Samen gleichzeitig zu verwenden. Eine Sprossenmischung sollte alle 3 Gattungen in mindestens 5-8 Arten der 3 Gattungen aufweisen. Entscheidend ist der Sprossenanteil pro kg. Die Menge wird von Art und Schnitttechnik stark beeinflusst. Eine Mischung kann 2000 bis 5000 Sprossen enthalten. So kann sich ein billiges Produkt mit langen Sprossen zum schlechtesten Angebot wenden. Ein qualitativ gutes Produkt enthält mindestens 5-8 Arten, die Sprossen sollten zwischen 0.5 bis 5 cm, leicht rötlich gefärbt und unkrautfrei sein. Mit dem Wachstumsbeginn der Pflanzen bis vor Frostbeginn, anfangs April bis Juni und September bis Mitte Oktober, können die Sprossen ausgebracht werden. Das Verwenden von Sprossen im Sommer ist nur bei einer Schlechtwetterperiode ratsam. Das Ausstreuen ohne jegliche Hilfsmittel von Hand ist am günstigsten, benötigt jedoch 30% mehr Sprossen. Geschnittene Sprossen sind nur wenige Tage haltbar. Nasse Sprossen faulen bei über 25°C schon nach 1.5 Tagen. Aus der Familie der Crassulaceae gibt es noch zahlreiche andere Sukkulenten. Diese sind schwachwüchsig und für die Dachbegrünung kaum von Bedeutung. Dafür gibt es einige Vertreter der Feigenkakteen die sich auf dem Dach hervorragend entwickeln können.

## Sedum for green roofs

The genus Sedum is divided into numerous sub-genera, and today we distinguish 3 genera for rooftop greening. These include the fine-leaved, mostly evergreen species of Sedum (*S. album*), the flat-leaved, mostly yellow-flowering and deciduous species of Phedimus (*Ph floriferus*), and the gray-leaved, autumn-flowering, often tall species of Hylotelephium (*H. telephium*). An ideal mix for a roof planting requires the conscious application of the advantages and disadvantages of these three genera. The use of Sedum-cuttings is very easy and more successful than seeds. Numerous drought-resistant species will only become established on the roof through cuttings. Still, it is recommended to apply cuttings and seeds at the same time. A cuttings-mix should contain all three genera, and then at least 5 to 8 species of these 3. The proportion of cuttings per kilogram is decisive, since the amount required is strongly influenced by the species and the cutting technique. A mixture can have 2,000 to 5,000 cuttings. As follows, a cheap product consisting of long cuttings will turn over the poorest bargain. A good quality product should be weed-free and contain at least 5 to 8 species, the lightly red-coloured cuttings between 0.5 and 5cm. The cuttings can be distributed from the beginning of the vegetation growing period up until the first frost, starting from April until June and then September to mid-October. Applying cuttings in the summer is only recommended during periods of poor weather. Spreading from hand, without any additives is the best, although it does require 30% more cuttings. Cuttings will only keep for a few days, and wet cuttings in temperatures greater than 25°C begin to rot after 1½ days. The Crassulaceae family contains numerous other succulents, but these are weak-growing and not meaningful for rooftop greening. However, several representatives from the prickly pears (*Opuntia*) can establish themselves outstandingly on the roof.

## 1 Einführung in die Gattungen

Die Gruppe der Gattung *Sedum* umfasst über 420 Arten und ist damit die grösste Gattung der Familie *Crassulaceae*. Vor einigen Jahren wurde die Gattung geteilt und in zahlreiche neue Gattungen aufgeteilt. So entstand aus der Gruppe der *Sedum telephium* die Gattung *Hylotelephium* und die grünen, ostasiatischen Arten wie z. B. *S. floriferus*, *Weihenstephaner Gold* wurden zur Gattung *Phedimus* gestellt. Eine botanische Änderung die auch für den Laien Sinn macht und deutlich zu unterscheiden ist.

*Sedum* sind ein- bis mehrjährig, krautige Stauden mit wechselständigen, sukkulenten, stielrunden und wintergrünen Blättern. Die im Mai bis Juli erscheinenden Blüten sind endständig und dessen Triebe sterben ab. Die Blütenfarben variieren von weiss bis rot und gelb, zum Beispiel *S. album*, *sexangulare*, *reflexum*.

*Phedimus*-Arten sind mehrjährig, haben kriechend wurzelnde Triebe oder verholzen am Wurzelstock, und sind im Winter meist kahl. Im Gegensatz zu *Sedum* sind die Blätter gross, flächig, kreisrund bis spatelig und gezähnt. Ausser die Arten *spurius* und *stoloniferus* blühen alle gelb, zum Beispiel *Phedimus floriferus*, *kamtschaticus*.

Die einjährigen Triebe von *Hylotelephium* werden von 10 bis 60 cm hoch und sterben im Winter bis zur Basis ab. Mit Adventivknospen treiben die Pflanzen anfangs März wieder aus. Die Pflanzen blühen ab Ende Juli bis Oktober in den Farben weiss bis rosa, z. B. *Hylotelephium telephium*, *cyaneum*, *spectabile*.

Die Trennung der *Sedum*-Gruppe in neue Gattungen hebt ein paar markante Vorteile für uns hervor. Die bei uns erhältlichen *Sedum*-Arten für die Dachbegrünung sind alle wintergrün und blühen zwischen Juni bis Juli. *Phedimus*-Arten wachsen kräftiger und blühen meist gelb. Die flachen Blätter verfärben sich im Herbst meist zu einer schönen Herbstfärbung und die Stauden ziehen sich bis auf die Basis zurück. *Hylotelephium* bilden einen kräftigen Wurzelstock und bilden stattliche Solitärstauden. Die Blätter verfärben sich kaum und fallen einfach ab. Sie haben einen höheren Nährstoff- und Wasserbedarf und deshalb sind nur wenige Arten für eine extensive Begrünung verwendbar.

## 2 Extensive Dachbegrünung durch Ansaat

Die Samen der *Sedum*-Gruppe sind sehr fein und werden deshalb mit Saathilfsstoffen wie z. B. Vermiculit oder Gramifix vermischt. 1 kg enthält zwischen 2-4 Mil. Samen und kostet pro Kg 1800 bis 2500 €. Für eine Dachbegrünung mit *Sedum*-Samen ist mit 0.02g/m<sup>2</sup> zu rechnen. Dies entspricht bei 100% Keimung 80 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Damit erhält man auch bei einer Anwachsquote von 30 % noch einen guten Deckungsgrad.

In den Saadmischungen sind in der Regel 3-6 Arten vertreten.

*Sedum acre*, *album*, *hispanicum*, *reflexum*, *Phedimus ellacombianum* und *spurius*.

Die **Haltbarkeit** des Saatgutes wird durch die verwendete Verpackung stark beeinflusst. Bei niedriger Luftfeuchtigkeit in atmungsaktiven Beutel (nicht in Plastikbeutel) sind die Samen bis 3 Jahre gut keimfähig.

### 2.1 Vor- und Nachteile der Ansaat

Mit dem Saatgut bringen wir zusätzliche weitere Arten auf das Dach, z. Beispiel *Sedum acre* und *Phedimus ellacombianum* sind in den Sprossenmischungen nur sehr selten erhältlich. Durch die Saat erhält man einen hohen Deckungsgrad pro m<sup>2</sup> (ca. 15- 50 Pflanzen)

Der Samen ist sehr fein und deshalb nur mit Hilfsstoffen streubar. Die feinen Samen finden im groben Dachsubstrat wenig Halt und werden oft vom ersten Regen in tiefere Lagen geschwemmt was ein Aufkommen verunmöglicht. Mit dem Spritzverfahren kleben die Samen an der Zellulose und werden dadurch weniger eingeschwemmt. Damit sich die Pflanzen etablieren können ist eine längere Feuchtperiode von 2-3 Wochen nötig. Das Klima spielt nach der Keimung eine wesentliche Rolle.

Mit der Saat fehlen wertvolle und dauerhafte *Sedum*-Sorten auf dem Dach wie z. B. *Sedum album*, *Coral Carpet* und *S. a. micranthum*, *Chloroticum* die besonders durch die spezielle Blattfarbe und Trockenresistenz auffallen. Es ist empfehlenswert Samen und Sprossen gleichzeitig zu verwenden.

### **3 Streuen von Sprossen.**

#### **3.1 Wie viele Arten soll eine Mischung enthalten?**

Die Sprossen-Mischung sollte mindestens 5 Arten enthalten. Davon sollten mindestens 3 *Sedum*-Arten enthalten sein damit im Winterhalbjahr auch optisch eine Begrünung zu erkennen ist. Für eine schnelle Deckung können verschiedene *Phedimus*-Arten verwendet werden. Eine Mischung von 8 Arten ist ideal. Nicht alle Arten können sich auf die Dauer entwickeln. Beim einschichtigen Einbau können Feuchtmulden entstehen. Hierfür werden *Phedimus spurius* oder *Hylotelephium cyaneum* eingesetzt. Eine Mischung mit 4-5 *Sedum*, 3 *Phedimus* und eine *Hylotelephium* hat sich bestens bewährt.

Dadurch wird das ganze Spektrum von Blattfarben (hellgrün, rot, grau und sattgrün) sowie Blütenfarben von weiss, rosa und gelb und einer Blütenverlängerung mit *Hylotelephium* abgedeckt.

#### **3.2 Wie viele Sprossen enthält ein Kg?**

Das billigste Sprossenangebot kann sich zum schlechtesten Angebot wenden.

Dabei gibt es folgende Punkte die beim Kauf beachtet werden müssen:

- Die Sprossen sollten trocken geschnitten werden (Wasseranteil bis 10% möglich)
- Schnittart der Sprossen (Hand oder Maschinenschnitt)
- Blattanteil und Erdrückstände

Eine Mischung kann 2000 bis 5000 Sprossen enthalten. Überprüfen sie die Menge per 100g und vergleichen Sie erst dann die Preise. Sie werden staunen über die Unterschiede. *Phedimus*-Sprossen sind länger, schwerer und einfacher in der Kultur, wurzeln aber in der Regel schlecht an. In den billigen Mischungen sind deshalb vorwiegend solche Arten dominant.

#### **3.3 Wie lange sollten die Sprossen sein?**

Die Länge der Sprossen sollte zwischen 0.5 bis 5cm sein. Kürzere Sprossen bewurzeln schlecht und vertrocknen bei ungünstigen Bedingungen schnell. Lange Sprossen (Klumpensprossen) verstopfen in den Spritzleitungen und beeinflussen das Massgewicht negativ.

#### **3.4 Was ist Qualität?**

Für die Qualität entscheidend ist;

- Artenreichtum und Artenanteile der Sprossenmischung (8-10Arten, Verhältnis 65% *Sedum*, 30% *Phedimus* und 5% *Hylotelephium*)
- Sprossenlänge: ( kurze Sprossen = hohe Pflanzendichte pro m2)
- Sprossenhärte: Durch eine reichliche Stickstoffdüngung kann das Sprossenwachstum beschleunigt werden. Die Sprossen werden dünn und weich. Häufig verbrennen überdüngte Sprossen schon nach wenigen Tagen vom Sonnenlicht und die Pflanzen gehen ein. Meist sind die Stängel weisslich-grün. Gute, hart gezogene Sprossen haben eine rötliche Ausfärbung.
- Reinhaltung: Bei der Sprossenhaltung kommt immer wieder Unkraut auf. Mit der Verunkrautung können lästige Kräuter das Dach besiedeln. Z. B. *Poa annua*, das einjährige Rispengras, Kleearten oder *Portulac* vermehrt sich ausgezeichnet auf dem Dach. Blätterteile verraten wie sauber das Sprossenmaterial ist. Eine Besichtigung beim Produzenten gibt schnell Hinweise auf dessen Probleme.

#### **3.5 Ausbringungszeitpunkt der Sprossen**

In der Ruheperiode machen die Sprossen keine Wurzeln. Die winterliche Ruhepause dauert vom November bis März. Das beginnende Wachstum ist mit der Ergrünung erkennbar. Die Monate April bis Mai und September bis Mitte Oktober sind ideal. Für die Wurzelbildung benötigen die Sprossen ca. 2 Wochen. Damit die Sprossen noch richtig anwurzeln können, sollte man ab Mitte Oktober keine Sprossen mehr verwenden da diese zu wenig einwurzeln und durch die Fröste losgelöst werden und vertrocknen. Das Verwenden von Sprossen im Sommer ist nur bei einer anhaltenden Schlechtwetterperiode zu empfehlen.

#### **3.6 Ausbringungsart**

In der Regel werden die Sprossen per Spritzverfahren angewendet. Die Sprossen können auch ohne jegliche Hilfsstoffe gestreut werden. Das Ausbringen von Hand benötigt ca. 30% mehr Sprossen, ist jedoch die schnellste und kostengünstigste Methode.

### 3.7 Lagerung der Sprossen

Die Haltbarkeit des Sprossenmaterials wird durch Feuchtigkeit und hohe Temperaturen stark beeinflusst. Die Sprossen sollten trocken geschnitten werden. Bei Temperaturen von unter 10°C sind die Sprossen 5-6 Tage haltbar. Die nassen Sprossen müssen innert 2-3 Tagen verwendet werden. Bei Temperaturen über 20 °C verringert sich die Haltbarkeit um die Hälfte. Trockene Sprossen 2-3 Tage, nasse Pflanzenteile maximal 1,5 – 2 Tage.

### 3.8 Vor- und Nachteile der Sprossen

Die Sprossen bieten eine gute Arten und Sortenwahl die für die Begrünung notwendig ist. Durch die Sprossenstücke ist eine sofortige, dauerhafte Begrünung möglich. Durch die Sukkulenz vertragen die Pflanzen schon vor der Bewurzelung eine Trockenperiode unbeschadet. Schon nach 3 Wochen wirkt das Dach grünlich. Wie oben erwähnt, müssen die Sprossen nach Erhalt gleich verwendet werden, Restmengen sind nicht lagerbar. Die Sprossen können nur bei günstigem, gemässigtem Klima ausgebracht werden.

## 4 Bepflanzung der Sedum-Arten

Bepflanzt wird in den Sommermonaten wenn eine Sprossen-Ansaat nicht mehr möglich ist. Die Pflanzen werden in verschiedenen Ballengrößen, Einzelsorten, gemischt oder gemischt mit Kräutern angeboten. Kleinballen von 2 cm sind 8-12, grössere 6-8 Pflanzen pro m<sup>2</sup> zu verwenden. Kleinballen-Sedum aus Platten mit 2cm Ballen, kann einfach in das Dachsubstrat eingedrückt werden. Mit dieser Methode kann 50-100m<sup>2</sup>/pro Stunde gepflanzt werden.

### 4.1 Gestaltung

Eine Gestaltung mit Sedum-Arten ist in der Regel nicht von langer Dauer. Einzelne Arten versamen auf dem Dach und vermischen sich mit anderen Sorten. Muster sollten auf jeden Fall bepflanzt werden.

## 5 Pflege und Unterhalt der Sedum-Arten

Auch für Sedum-Arten ist eine minimale Düngung nötig. Empfehlenswert ist eine Düngung bei Wachstumsbeginn Ende März oder September. Eine zu starke Düngung im Frühjahr kann zu einer starken Blütenbildung und damit zum späteren Absterben der Pflanze führen. Die Bevorratung im Herbst hat den Vorteil, dass die Pflanzen keine Blütentriebe ansetzen und besser überwintern. Empfehlenswert ist ein Rasendünger mit langer Fließsdauer 3-5 Monate (Mt.) Sedum-Arten sind sehr salzverträglich, reagieren jedoch schnell auf Stickstoffgaben.

### 5.1 Was kann zu Misserfolgen mit Sedum führen?

- Nährstoffmangel: Starke, meist rötliche Verfärbung der Blätter, kaum Blüten.
- Wassermangel: Zu geringe Substratschicht, das Moos nimmt überhand und verdrängt die Sedum-Arten.
- Stauende Nässe: Alle Sukkulente Pflanzen sind hoch empfindlich auf verdichtete Flächen und stehendes Wasser. Die Pflanzen verfaulen in kurzer Zeit.
- Überdüngtes Substrat: Die Pflanzen bilden aussergewöhnlich viele Blüten was zum Absterben von bestimmten Arten wie z. B. *S. acre* und *S. hispanicum*, führen kann.

## 6 Die wichtigsten Arten und Sorten für die Dachbegrünung.

### *Sedum acre*

Locker verzweigte, niederliegende, wurzelnde Triebe, Blätter dicht ziegelig angeordnet, meist dreieckig, Blüte gelb 5-8 cm hoch.

### *Sedum sexangulare*

Sehr ähnlich *Sedum acre*, Blätter feiner, meist in 6 Reihen angeordnet, Blüte gelb.

### *Sedum album* in Sorten

Lockerrasiger Wuchs, Blätter dick, walzenartig, stumpf, grün bis braunrot, Blüte weiss  
Zahlreiche Sorten sind im Handel, z. B. ‚Coral Carpet‘ kompakt, rostbraun verfärbend, ‚Murale‘ dunkelbraun, ‚Chloroticum‘ niederliegende Triebe, hellgrün.

### *Sedum hispanicum*

Ein-oder mehrjährig, sehr schnellwachsende, stark versamende Art, ähnlich wie *sexangulare* jedoch blau-grüne Blätter und weisse Blüten. Kann auf dem Dach wuchern und die andern Arten verdrängen.

### *Sedum reflexum*

Tripmadam, Gewürzpflanze, leicht verholzende Triebe, lineale Blätter blaugrün, Blütenstände bis 30 cm hoch,

### *Phedimus floriferus*, ‚Weihenstephaner Gold‘

Knotiger Wurzelstock, spatelige dunkelgrüne Blätter an rötlichen Stielen. Bis 15 cm hoch. Goldgelben Blüten erscheinen vor den *Sedum*-Arten Ende Mai, sehr reichblühend, zieht im Winter ein, schöne Herbstfärbung

### *Phedimus hybridus*, ‚Immergrünchen‘

In der Art wie *floriferus* aber immergrün, im Alter blühfaul, hellgelbe Dolden, nicht versamend

### *Phedimus spurius*

Kriechende, wurzelnde Triebe, verkehrt eiförmige Blätter, Blüten weiss bis rosa in flachen Trugdolden, Juli bis August, winterkahl. Viele Sorten auf dem Markt, grünes bis braunes Laub. Sämlinge von dunkellaubigen Sorten vergrünen. Benötigt einen höheren Wasserbedarf und wächst auch gut im Halbschatten.

### *Phedimus ellacombianus*

Dicht verholzender Wurzelstock, nicht immergrüne, bis 30 cm, hohe Staude, schöne Herbstfärbung. Blätter länglich, spatelig, hellgrün, Blüte hellgelb. Selten in Sprossen-Mischungen erhältlich, versamend.

### *Hylotelephium cyaneum*

Fast die einzige Art die für Sprossenschnitt verwendet werden kann. Niederliegende, Staude die im Herbst einzieht. Fast kreisrunde, silbriggraue Blätter, Blüte erscheint im August rosa.

## 7 Arten und Sorten im Vergleich

### 7.1 Samen/Sprossen

	Samen	Sprossen
Ausbringungszeitpunkt	ganze Jahr möglich	April – Juni/ Sep.-Okt.
Trockentoleranz nach Saat	Schlecht	Gut
Trockentoleranz nach Bewurzelung/Keimung (3 Wochen)	Schlecht	Sehr gut
Ausbringungsart	mit Hilfsstoffen	ohne Hilfsstoffe möglich
Artenvielfalt	3-6 Arten	5-10 Arten
Lagerfähigkeit	1-3 Jahre	1.5-5 Tage
Aufwandmenge pro m <sup>2</sup>	0.01-0.02g/m <sup>2</sup>	20 -70g/m <sup>2</sup>
Kosten pro m <sup>2</sup>	0.02-0.05 €	0.20-0.70 €
Aufwand Saat	Gleich	gleich
Eignung für Anspritzbegrünung	Sehr gut	Sehr gut
Erster Grüneffekt	ca.. 2-4 Mt.	3 Wochen
Deckungsgrad innerhalb 6 Mt. (Saat April)	35-40%	60-80%

### 7.2 Sprossen - Menge und Bewurzelung

Gattung/ Art/ Sorte	Anzahl Sprossen kg Handschnitt < 5mm	Anzahl Sprossen kg Maschinenschnitt < 5mm	Dauer der Bewurzelung in Tagen
<i>S. album 'Murale'</i>	2000-2500	2500-3000	10-12
<i>S. album 'Coral Carpet'</i>	2500-3000	3000-3500	10-12
<i>S. a..micranthum 'Chloroticum'</i>	5000-6000	7000-8000	10-12
<i>S. sexangulare</i>	2000-2500	3500-4000	12-14
<i>S. hispanicum</i>	5000-6000	6000-7000	10-12
<i>S. reflexum</i>	1000-1200	2500-3000	14-16
<i>Ph. floriferus 'Weihenst. Gold'</i>	900-1200	900-1500	14-18
<i>Ph. hybridus 'Immergrünchen'</i>	900-1200	900-1500	14-18
<i>Ph. spurius</i>	1000-1500	1200-1800	14-18
<i>Hyl. cyaneum</i>	1500-1800	2000-2500	16-20

### 7.3 Wasserrückhaltung für Extensivbegrünung

Aufbaudicke	Vegetation	Wasserrückhaltung
2-4cm	Moos-Sedum-Begrünung	40-45%
4-6cm	Sedum-Moos-Begrünung	45-50%
6-8cm	Sedum-Begrünung	50-55%
10-12cm	Sedum-Gras-Begrünung	55-60%

## 8 Andere Sukkulente

Aus der Gruppe der Crassulaceae gibt es noch zahlreiche Vertreter die auf dem Dach verwendet werden könnten. Dabei handelt es sich um Liebhaberpflanzen die wegen des schwachen Wachstums bedeutungslos sind und von Sedum-Arten schnell überwuchert werden, z. B. *Orostachys*, *Prometheum*, *Rosularia*, *Sempervivum* u.s. w..

Vertreter der Mittagsblumen aus der Gattung *Delosperma* sind kurzlebig und vertragen die Winternässe schlecht. Nicht uninteressant sind einige Kakteen. Zahlreiche Feigenkakteen sind sehr gut winterhart und können bei einem Dachaufbau mit Drainage ohne Bedenken verwendet werden. Blätter von Winterharten *Opuntia* werden im April auf das Dach gelegt. Innerhalb von einem Monat wurzeln diese an und entwickeln sich in ein paar Jahren zu grossen Polstern.

Die grossen dekorativen Blüten erscheinen im Sommer und mit etwas Glück können die Früchte für die Verwendung von Konfitüre im Herbst abgenommen werden. Ein Versuch lohnt sich.

## **9      Bezugsquellen**

Sukkulentenlexikon Urs Eggli

Der Gartenbau 11/98

DeGa 7/1999,47/2000

Dach Grün 2/2002,4/2002

Vortrag Meinrad Müller, Agro-Ing. HTL, Otto Hauenstein Samen AG, Biberist

Daniel Labhart

Pflegeleichte Pflanzen für Garten und Dach

Alte Seonerstrasse 26

Postfach 75

CH-5503 Schafisheim, Schweiz

daniel.labhart@bluewin.ch

# Wählerische Vegetation: Einfluss von Substratart und -dicke auf die langfristige Entwicklung von Wildpflanzenarten auf Flachdächern

Dieter Ramseier & Bettina Kahlert, , Geobotanisches Institut I, ETH Zürich, Schweiz

## Abstract

Bei der vorliegenden Untersuchung lag die Artenvielfalt in Abhängigkeit von Substratart und Substratdicke im Zentrum. Im Auftrag von UFA-Samen Winterthur untersuchten wir dazu insgesamt 10 verschiedene Substrate, vier davon in den Schichtdicken 5, 8 und 12 cm, die restlichen mit 12 cm. Die Versuche wurden auf 2 Flachdächern in Zürich (durchschnittlicher Jahresniederschlag ca. 1050 mm) und eines in Basel (ca. 780 mm) mit je 2 Wiederholungen pro Dach durchgeführt. Auf allen Flächen wurde dieselbe Samenmischung (UFA-Dachkräuter-49 CH) und eine Mischung mit Sedumsporen gesät. Insgesamt konnten sich anfänglich bei 12 cm Substratdicke zwischen 17 und 33 Arten etablieren. Die Artenzahl nahm mit abnehmender Schichtdicke ab und lag bei 5 cm zwischen 4 und 18 Arten. Im allgemeinen nahm die Artenzahl im Laufe der Versuchsperiode ab, ausser bei den Substraten welche schon von Anfang an nur wenige Arten beherbergten. Für praktisch alle Substrate waren die Zürcher Standort artenreicher als der Basler Standort, wahrscheinlich bedingt durch die geringeren Niederschlagsmengen am Rheinknie. Im Gegensatz zu der Artenzahl nahmen die Deckungswerte im Verlauf der Versuchsperiode deutlich zu. Sie erreichten bei den meisten Substraten Werte über 90%. Die Gesamtdeckung erreichte bei 12 cm Substratdicke schneller höhere Werte als bei geringeren Substratdicken; dieser Unterschied wurde im Verlaufe der Zeit praktisch ausgeglichen. Für Moose war eine geringere Substratdicke häufig günstig. Wahrscheinlich profitierten sie von der geringeren Konkurrenz durch die Blütenpflanzen. Auf der Ebene von einzelnen Arten profitierten die meisten von höheren Substratdicken. Viele Arten konnten sich auf 5 cm Substrat nicht etablieren oder nicht halten. Andere (vor allem *Sedum*-arten) waren bei 5 cm teils besser vertreten als bei höheren Substratdicken. Auch dies dürfte auf geringere Konkurrenz zurück zu führen sein. Die meisten Arten nahmen im Verlauf der Zeit ab (z.B. *Dianthus carthusianorum*), einzelne konnten sich aber erst langfristig gut etablieren, z.B. *Anthyllis vulneraria*. Auf einzelnen Flächen können sich ein paar seltene Arten, wie z.B. *Petrorhagia prolifera* (= *Tunica prolifera*) sehr gut halten.

## Fussy vegetation: The influence of substrate type and -depth on the long-term development of wildflower species on flat roofs

The purpose of this study was to investigate the influence of substrate type and -depth on biodiversity. Under a commission from UFA-Seeds Winterthur, we investigated 10 different medium types at depths of 12cm, four (4) of which were also tested at 5, 8 and 12cm. The experiments took place on two flat roofs in Zurich (average annual precipitation approximately 1,050mm) and one in Basel (approx. 780mm), each roof in two replications. All roofs were seeded with the same seed mixture (UFA-Dachkräuter-49 CH) and a mixture of Sedum cuttings. Collectively, between 17 and 33 species exhibited successful initial establishment in 12cm substrate depth. The species count declined with decreasing substrate depth, such that 5cm supported between 4 and 18 species. In general, the species count declined over time, except for those substrates which supported only few species from the start. Almost all the substrates supported greater biodiversity on the Zurich roofs compared to those in Basel, probably due to the lesser precipitation along the Rhein. Unlike the species count, the cover value clearly increased over the study period, in which time most media achieved cover values of over 90%. The deeper media (12cm) achieved high cover values quicker than the shallower depths, but over time this difference balanced out. Mosses benefited from shallow medium depths, most likely due to the lesser competition from flowering plants. Most individual species profited from greater medium depths. Many species could not establish themselves in 5cm depth, or could often not persevere. Other species (especially *Sedum*-species) performed better in 5cm than the greater depths. This may be indicative of lesser competition pressure. Most species declined over time (e.g. *Dianthus carthusianorum*), but some established themselves very well for the long-term (e.g. *Anthyllis vulneraria*). Some rare species, such as *Petrorhagia prolifera* (= *Tunica prolifera*) performed very well on particular surfaces.

## 1 Einleitung

Nebst Wasserrückhalt, thermischer Isolation und positiven Einflüssen auf das Stadtklima können Flachdächer auch einen erheblichen Beitrag zur Artenvielfalt leisten. Bei extensiven Begrünungen herrschen auf Flachdächern extreme Verhältnisse vor. Mit diesen können nur Spezialisten zurechtkommen. Die althergebrachten Standorte dieser Spezialisten - Magerwiesen und trockene Ruderalstandorte - verschwinden in der Landschaft mehr und mehr, so dass Flachdächer willkommene Ersatzbiotope darstellen.

Substratart und Substratdicke sind hauptsächlich verantwortlich für die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit. Wenn zu wenig Wasser oder Nährstoffe verfügbar sind können keine Arten gedeihen, wenn zuviel davon vorhanden ist nehmen ein paar wenige Allerweltsarten überhand und verdrängen alle andern. Es gilt also ein Optimum zu finden.

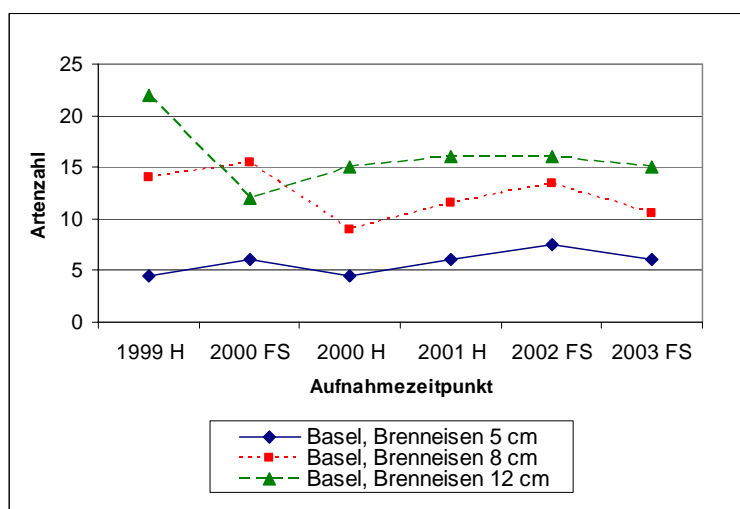
Der im Folgenden beschriebene, im Auftrag von UFA-Samen Winterthur durchgeführte Versuch, soll die Frage beantworten: Wie beeinflussen Substratart und Substratdicke die langfristige Entwicklung von Wildpflanzen einer angesäten Samenmischung?

## 2 Material und Methode

Der Versuch wurde auf zwei Dächern in Zürich und einem in Basel angelegt. Insgesamt wurden 10 verschiedene Substrate getestet. Bei vier Substraten wurde auch die Substratdicke variiert: 5, 8 und 12 cm. Die restlichen Substrate wurden mit einer Substratdicke von 12 cm aufgebracht. Jeder Ansatz wurde auf jedem Dach je zweimal wiederholt. Eine Teilfläche ist jeweils 3 m x 3 m gross, wobei nach Abzug eines Randstreifens eine Fläche von 2 m x 2 m jährlich aufgenommen wurde. Im Frühling 1999 (Basel und Zürich-Seefeld) und Frühling 2000 (Zürich-Irchel) wurde auf den Flächen jeweils 0.5 g m<sup>-2</sup> der Samenmischung UFA-Dachkräuter-49 CH mit 49 Arten sowie 10 g m<sup>-2</sup> Sedumsprosse ausgebracht.

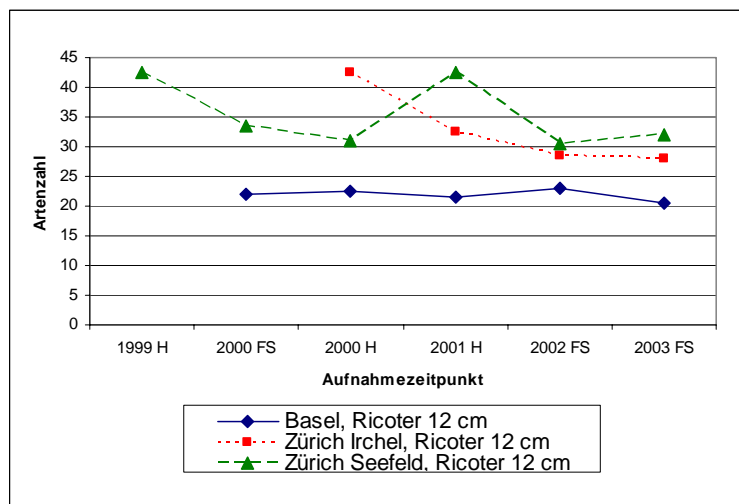
## 3 Ergebnisse

Insgesamt konnten sich anfänglich bei 12 cm Substratdicke zwischen 17 und 33 Arten etablieren (Durchschnitt pro Substrat über alle Dächer). Die Artenzahl nahm mit abnehmender Schichtdicke ab und lag bei 5 cm zwischen 4 und 18 Arten. Als Beispiel ist in Abbildung (Abb.) 1 das Brenneisen-Substrat dargestellt.



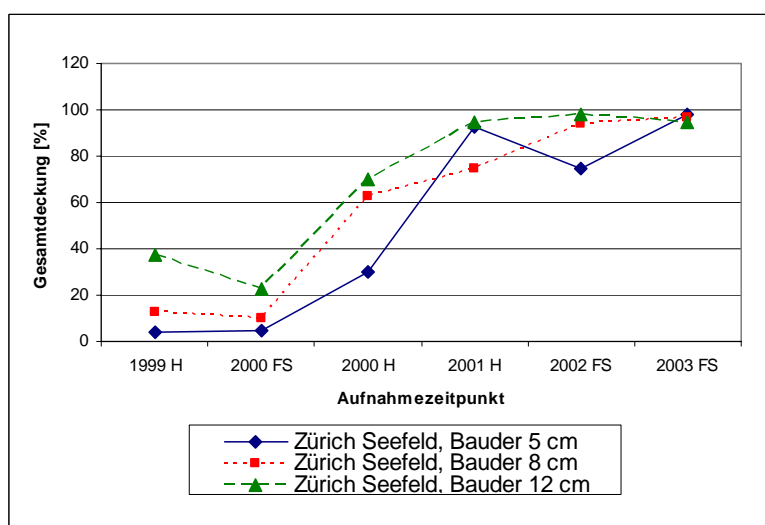
**Abb. 1** Abhängigkeit der Artenzahl von der Substratdicke am Beispiel Brenneisen-Substrat in Basel

Im Allgemeinen nahm die Artenzahl im Laufe der Versuchsperiode ab, ausser bei den Substraten welche schon von Anfang an nur wenige Arten beherbergten. Für praktisch alle Substrate waren die Zürcher Standort artenreicher als der Basler Standort. Ein Beispiel dafür ist in Abb. 2 das Ricoter-Substrat 12 cm wiedergegeben.



**Abb. 2** Entwicklung der Artenzahl an den 3 Standorten am Beispiel von Ricoter-Substrat 12 cm.

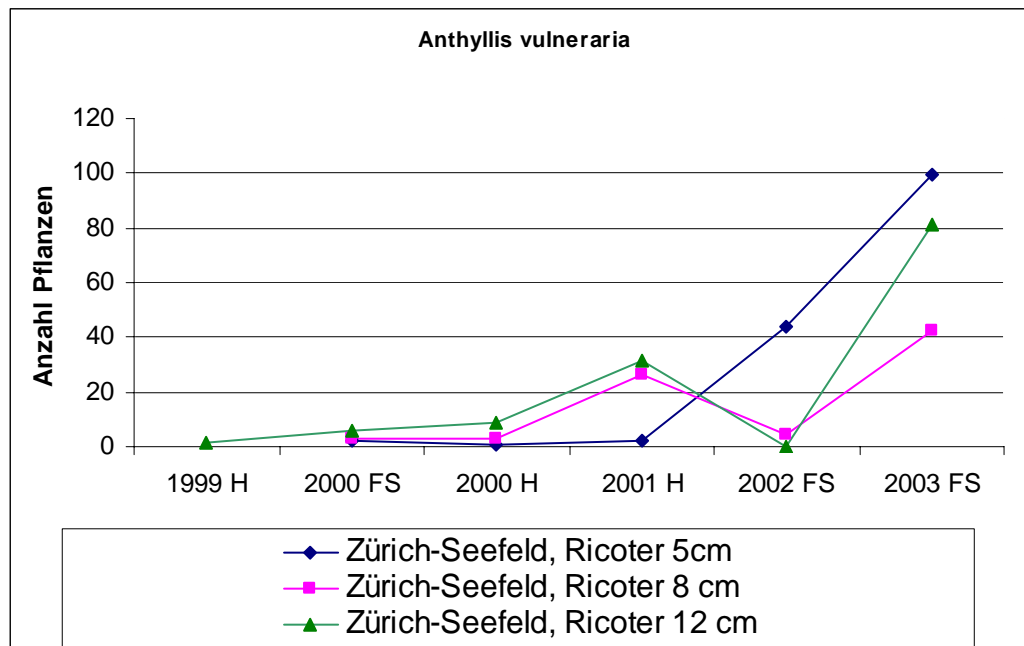
Die geringere Artenvielfalt am Rheinknie dürfte durch die dort geringeren Niederschlagsmengen bedingt sein (Jahresmittel von 780 mm gegenüber 1050 mm in Zürich). Im Gegensatz zu der Artenzahl nahmen die Deckungswerte im Verlauf der Versuchsperiode deutlich zu. Als Beispiel dient das Baudersubstrat in Zürich-Seefeld (Abb. 3).



**Abb. 3** Entwicklung der Gesamtdeckung am Beispiel Bauder-Substrat in Zürich-Seefeld

Die Deckungswerte erreichten bei den meisten Substraten Werte über 90%. Sie erreichte bei 12 cm Substratdicke schneller höhere Werte als bei geringeren Substratdicken; dieser Unterschied wurde im Verlaufe der Zeit praktisch ausgeglichen. Für Moose war eine geringere Substratdicke häufig günstig. Wahrscheinlich profitierten sie von der geringeren Konkurrenz durch die Blütenpflanzen.

Auf der Ebene von einzelnen Arten profitierten die meisten von höheren Substratdicken. Viele Arten konnten sich auf 5 cm Substrat nicht etablieren oder nicht halten. Andere (vor allem *Sedum*-arten) waren bei 5 cm teils besser vertreten als bei höheren Substratdicken. Auch dies dürfte auf geringere Konkurrenz zurück zu führen sein. Die meisten Arten nahmen im Verlauf der Zeit ab (zum Beispiel *Dianthus carthusianorum*), einzelne konnten sich aber erst langfristig gut etablieren, z.B. *Anthyllis vulneraria* (Abb. 4).



**Abb. 4** Entwicklung der Anzahl Pflanzen von *Anthyllis vulneraria* in Zürich-Seefeld

Auf einzelnen Flächen können sich ein paar seltene Arten, wie z.B. *Petrorhagia prolifera* (= *Tunica prolifera*), sehr gut halten. Diese Art war nach anfänglich guter Etablierung 2003 beinahe verschwunden, kam dann aber nach diesem Hitzesommer im Folgejahr 2004 zum Teil (z.T.) mit über hundert Individuen pro Quadratmeter. Auch hier dürfte die ausgeschaltete Konkurrenz der Grund sein.

Für botanisch Interessierte spannend zu sehen ist, dass nicht nur die allgemeinen Parameter wie Artenzahl und Deckungswerte von Substratart und -dicke abhängen, sondern dass einzelne Arten spezifisch reagieren können, das heisst bei gleich bleibender Artenzahl können verschiedene Substrate ein verschiedenes Artenspektrum aufweisen.

#### 4 Schlussfolgerungen

Flachdächer können sehr gut als Ersatzstandorte für z.T. bedrohte Pflanzenarten dienen. Bei einer Substratdicke unter 8 cm ist die Artenvielfalt meist gering. Nach einer gelungenen Ansaat nimmt die Artenzahl häufig am Anfang etwas ab. Extremereignisse wie das Trockenjahr 2003 können einigen Flachdacharten schaden, andererseits ist dies häufig eine Chance für seltene Arten sich wieder zu behaupten, z.B. *Petrorhagia prolifera*.

Dieter Ramseier & Bettina Kahlert  
Geobotanisches Institut ETH  
Zürichbergstrasse 38  
8044 Zürich.  
dieter.ramseier@env.ethz.ch

# Die Verwendung von Mykorrhiza in der Dachbegrünung

**Meinrad Müller, Otto Hauenstein Samen AG, Schweiz**

**Tobias Schmid, geoVerde AG, Schweiz**

## Abstract

Die extremen Standortfaktoren auf extensiven Dachbegrünungen sollten uns veranlassen, den Pflanzen im Bereich des beeinflussbaren das zu geben, was sie auch an ihrem natürlichen Extremstandort vorfinden würden.

Die Mykorrhiza als wohl wichtigstes bodenbiologisches Element ist eine Symbiose von Pflanzenwurzel und Pilz. Die Pflanze bedient den Pilz mit Assimilaten aus der Photosynthese, und der Pilz im Gegenzug beschafft Wasser und Nährstoffe aus den Bodenporen und leitet diese an die Wurzel weiter. Dadurch dass die Hyphen des Pilzes um ein Vielfaches feiner sind als die feinsten Wurzeln erschliessen sie ein grösseres Bodenvolumen und haben eine noch viel grössere Austauschfläche als die Wurzeln allein. Die Effekte sind erhöhte Nährstoffverfügbarkeit (v.a. P und Mikronährstoffe), Temperatur- und Trockenheitstoleranz. Dazu kommen verstärkte Pathogenabwehr (v.a. bodenbürtige). Im Boden bewirkt die Symbiose eine bessere Durchlüftung und Perkolation, erhöhte Aggregatsstabilität und verstärktes Bodenleben. Es wurde zudem nachgewiesen, dass die unterirdische Quantität und Diversität der Mykorrhizapilze mit der oberirdischen Pflanzendiversität zusammenhängt. Die positiven Erfahrungen der geoVerde mit formulierten Mykorrhizaprodukten bei Begrünungen von Extremlagen sollten auch auf extensiven Dachbegrünungen anwendbar sein. In Topfversuchen zeigte sich die Überlegenheit von Gemischen von Mykorrhizapilzen mit organischen Nährstoffen und weiteren Keimhelfern gegenüber der reinen Mykorrhizapilz Variante und auch einer mineralisch gedüngten. In Feldversuchen auf freistehenden Dachgartenbeeten mit reinem Blähtonsubstrat erwies sich die Beigabe von Mykorrhizapilzen vorteilhaft für Sedumarten, noch ausgeprägter jedoch für Kräuter (wie *Potentilla argentea*, *Prunella grandiflora*, *Saponaria ocymoides*, *Silene* spp.). Auch der von mehreren Richtlinien (FLL, SFG) geforderte Deckungsgrad von 75% konnte schon im ersten Jahr in der Variante Mykorrhiza mit organischen Nährstoffen erfüllt werden. Erfahrungen aus der Praxis zeigen neben einer höheren Diversität auch frühere und intensivere Blütenbildung. Bodenmikroorganismen, wie die Mykorrhizapilze, werden in der Schweiz direkt mit dem Saatgut vermischt vermarktet (Otto Hauenstein Samen AG) und auf Dächern mit Erfolg angewandt.

## The use of mycorrhizae for rooftop greening

The extreme conditions which occur on extensive green roofs should motivate us to provide the plants that we've selected with that which they would find in their natural habitats. Mycorrhizae compose, the most important biological element of soil, is a symbiosis between plant roots and fungi. The plant provides the fungus with assimilates from photosynthesis and the fungus, in exchange, transfers the water and nutrients it acquires from soil pores to the root. Since fungal hyphae are manifold finer than even the finest plant roots, they can occupy a greater soil volume and have a greater surface exchange than roots alone. The effects of this include greater nutrient availability (especially P and micronutrients), as well as temperature- and drought-tolerance, and stronger defense against ground-borne pathogens. In the soil, this symbiosis improves air circulation and percolation, increases aggregate stability and strengthens soil life. Furthermore, it has been proven that the quantity and diversity of mycorrhizae subsoil is connected to above-ground plant diversity. The positive results from greening extreme locations with geoVerde's Mycorrhizae products suggests that these formulas would also be applicable on extensive green roofs. Potted experiments deliberated the mixture of mycorrhizal fungi with organic nutrients and other germination aids versus variations of pure mycorrhizal fungi and a fertilized mineral substrate. Field studies of free-standing roof garden beds consisting purely of expanded clay substrate show that the supplementation of mycorrhizal fungi was beneficial for Sedum species, and even more so for herbs (like *Potentilla argentea*, *Prunella grandiflora*, *Saponaria ocymoides*, *Silene* spp.). Already in the first year, the variants containing mycorrhizae and organic nutrients had achieved 75% cover, satisfying the requirements of many guidelines (FLL, SFG). Practical experiences have shown greater diversity as well as earlier and more intensive flowering. In Switzerland, soil microorganisms, such as mycorrhizae, can be mixed directly into the seed material and marketed thusly (Otto Hauenstein Samen AG), and applied onto roofs with success.

## **1 Einleitung**

Der Dachstandort entspricht in vielerlei Hinsicht nicht einem idealen natürlichen Standort für das Pflanzenwachstum. Temperaturextreme, Sonnen- und Windexposition, schädliche Einflüsse durch Abgase und sauren Regen und dazu noch die knappe Wasserverfügbarkeit sind insbesondere auf den extensiven Aufbauten limitierende Faktoren, die es nur einigen Spezialisten erlauben, Wachstumsgrundlagen zu finden. Diese extremen Standortfaktoren sollten uns veranlassen, den Pflanzen im Bereich des Beeinflussbaren das zu geben, was sie auch an ihrem natürlichen Extremstandort vorfinden würden.

Unser künstlich hergestelltes System sollte mit den Elementen aufgewertet werden, die es näher an ein funktionierendes Ökosystem bringen. Wichtige Vorgänge dazu laufen im Boden ab, und zwar im biologischen Bereich und nicht nur im chemisch-physikalischen.

## **2 Mykorrhizae**

Die Mykorrhiza ist ein wichtiges Element im Boden, das die Brücke schlägt zwischen dem Boden als leblosem Substrat und den Pflanzen, die darin neben statischem Halt auch Wasser und Nährstoffe suchen. Die Mykorrhiza ist eine Symbiose von Pflanze und Pilz. Man findet sie an den Wurzeln der Pflanze. Der die Wurzel kolonisierende Pilzpartner kommt natürlicherweise überall in unseren mehr oder minder intakten Böden vor, und die grosse Mehrheit der Pflanzenarten geht diese Partnerschaft ein.

Die Symbiose als partnerschaftliche Interaktion zwischen Organismen verschiedener Art beruht auf Geben und Nehmen. Die Pflanze gewährt dem Pilz Zugang zur Wurzel und bedient ihn mit Assimilaten aus der Photosynthese, dh. Zuckerverbindungen und damit Energie. Der Pilz im Gegenzug beschafft mit seinem fein im Boden verzweigten Netzwerk von Pilzhypphen Wasser und Nährstoffe aus den Poren und Nischen im Boden und leitet diese an die Wurzel weiter. Dadurch, dass die Hyphen um ein Vielfaches feiner sind als die feinsten Wurzeln, erschliessen sie ein grösseres Bodenvolumen und haben eine noch viel grössere Austauschfläche für die Absorption als die Wurzeln allein.

Die Vorteile einer mykorrhizierten Pflanze liegen auf der Hand: Erhöhte Nährstoffverfügbarkeit (va. P und Mikronährstoffe), Temperatur- und Trockenheitstoleranz. Dazu kommen verstärkte Pathogenabwehr (va. bodenbürtige). Die Effekte auf den Boden sind eine bessere Durchlüftung und Perkolation, erhöhte Aggregatsstabilität und verstärktes Bodenleben, da das Mykorrhizageflecht auch anderen Bodenmikroorganismen als Vektor und Nährboden dient. Es wurde zudem nachgewiesen, dass die unterirdische Quantität und Diversität der Mykorrhizapilze mit der oberirdischen Pflanzendiversität zusammenhängt. Es zeigt sich, dass diese beiden Organismen schon lange zusammengehören und stark voneinander abhängen.

Obwohl die Pflanze auch Energie hergeben muss und so quasi einen riesigen Organismus im Boden versorgt, lohnt sich die Partnerschaft für beide. Die mykorrhizierte Pflanze ist anpassungsfähiger und plastischer – sie hat Reserven.

Es gibt verschiedene Typen von Mykorrhiza. Die meist verbreitete Form der Symbiose – auf über 80% der Arten – ist die arbuskuläre Mykorrhiza. Sie ist bis auf wenige Ausnahmen (Brassicaceae, Chenopodiaceae, Juncaceae oder Cyperaceae) auf allen Familien vorzufinden. Neben ein paar anderen spezialisierten Formen spielt die Ektomykorrhiza auch eine wichtige Rolle. Sie ist insbesondere auf Gehölzen (Nadelgehölze, Eichen etc.) zu finden und ist in Systematik, Ökologie und Erscheinung anders als die arbuskuläre. Sie ist spezifischer und bildet sichtbare oberirdische Fruchtkörper (Hutpilze) aus.

## **3 Mykorrhizae und Dachbegrünung**

Man kann davon ausgehen, dass auf einem natürlich gewachsenen und ungestörten Standort genügend Mykorrhizapotentzial im Boden vorhanden ist. Der Einsatz, dh das künstliche Einbringen von Mykorrhizapilzen, hat sich also schon früh auf degradierte, künstlich erschaffene oder schwach-gründige Böden und Substrate fokussiert, wo von einem allgemein schwachen oder gar keinem Bodenleben die Rede ist. Da arbuskuläre Mykorrhizapilze mittlerweile vermehrt werden können, wenn auch sehr aufwändig und nur zusammen mit ihren Wirten, stellt sich die Frage des Einsatzes auf dem Dach und dem damit einhergehenden Nutzen.

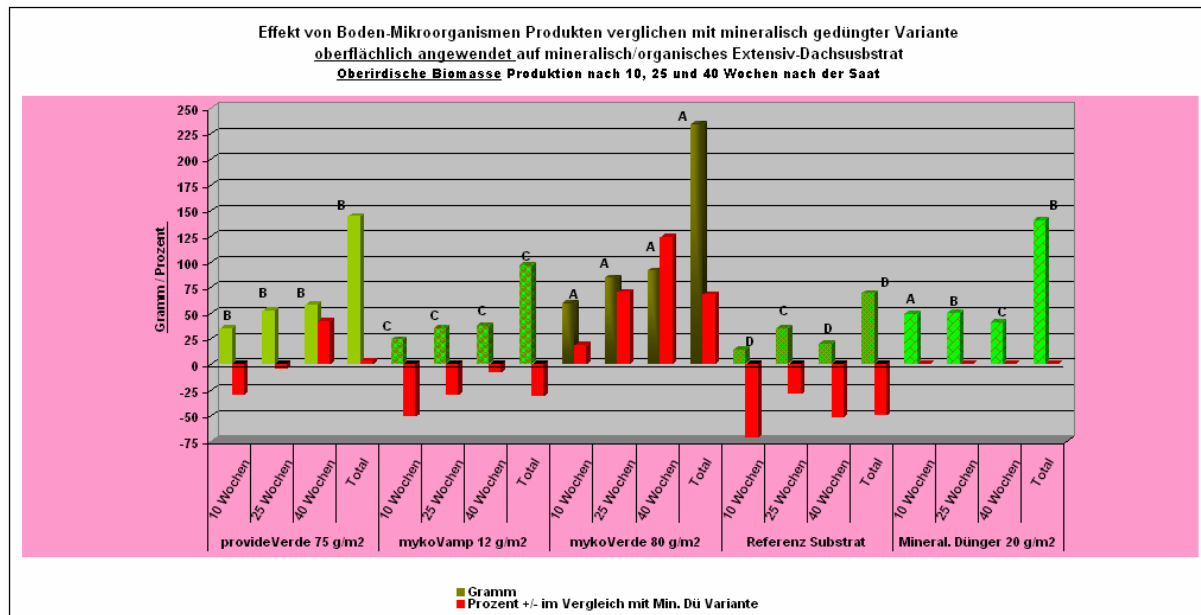
Die geoVerde hat im Zuge der Entwicklung von formulierten Mykorrhizaprodukten verschiedene Anwendungsversuche durchgeführt, in erster Linie für Begrünungen unter extremen Bedingungen in Höhenlagen und auf erodierten Böden.

Dabei zeigte sich, dass die positiven Ergebnisse auch auf extensiven Dachbegrünungen anwendbar wären als einem anderen ähnlichen Extremstandort. In Topfversuchen wurden auf extensiven Dachsubstraten (95 vol.% mineralisches + 5 vol.% organische Komponenten) Mykorrhiza Formulierungen rein oder gemischt mit organischen Nährstoffen mit einer Kontrolle und einer mineralisch gedüngten Variante verglichen (Tabelle 1).

**Tabelle 1** Aufbau und Resultate des Topfversuches mit der Sedum/Kräuter Mischung OH-Extensivkräuter (Otto Hauenstein Samen AG, Rafz, Schweiz) gesät mit 1.0 Gram / m<sup>2</sup>. Die Produkte wurden entweder oberflächlich angewendet oder ins Substrat eingearbeitet. Der Versuch wurde randomisiert angelegt in 6 Blöcken à je 3 Plastiktöpfen (10cm im diam. und mit 300 ml Substrat). Nach 40 Wochen wurde das Trockengewicht von Spross (total von 3 Ernten) und Wurzel ausgewertet.

Produkt	Zusammensetzung	Anwendung und Dosierung		Trockenmasse (in gram nach 40 Wo)			
		Oberflächlich	Substrat	Oberflächlich Spross	Oberflächlich Wurzel	Substrat Spross	Substrat Wurzel
<b>provideVerde</b>	25 g/kg MO-Konz. 920 g/kg organ. Nährst.	75 g/m <sup>2</sup>	845 g/m <sup>3</sup>	144.1 °	35.6 °	154.1 °	43.8 °
<b>mykoVamp</b>	Reines <u>Mykorrhiza-Inokulum</u> dreier Glomus spp.	12 g/m <sup>2</sup>	155 g/m <sup>3</sup>	96.6 °	22.0 °	127.7 °	38.8 °
<b>mykoVerde</b>	155 g/kg <u>mykoVamp</u> 21 g/kg MO-Konz. 777 g/kg organ. Nährst.	80 g/m <sup>2</sup>	1000 g/m <sup>3</sup>	234.5 °	58.3 °	194.2 °	59.3 °
<b>Mineralischer Dünger</b>	Triabon® (COMPO GmbH) 16+8+12(+4+9)	20 g/m <sup>2</sup>	750 g/m <sup>3</sup>	139.7 °	25.0 °	113.5 °	26.0 °
<b>Kontrolle</b>	Reines Substrat			70.0 °	13.0 °	69.5 °	12.0 °

Dabei zeigt sich nach Topfversuchen die Überlegenheit von Gemischen von Mykorrhizapilzen mit organischen Nährstoffen und weiteren Keimhelfern gegenüber der reinen Mykorrhizapilz Variante und auch der mineralisch gedüngten. Bei der Applikation von reinem Mykorrhizapilz Inokulum wurden höhere Wurzel- wie Sprossmasseerträge erzielt, wenn das Inokulum eingearbeitet wurde, im Gegensatz zur oberflächlichen Applikation (Abbildung 1).



**Abbildung 1** Ergebnisse aus Topfversuch im Gewächshaus: Der Effekt von oberflächlich applizierten Mikroorganismen Produkten im Vergleich mit mineralisch gedüngten Varianten auf einem mineralisch/organischen Extensiv- Dachsubstrat auf die oberirdisch gebildete Biomasse. Grüne Balken zeigen die Trockensubstanz der Grünmasse (Spross) in Gram 10, 25 und 40 Wochen nach der Saat. Die roten Balken zeigen den direkten prozentualen Vergleich zur mineralisch gedüngten Variante. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren mit demselben Erntezeitpunkt. ( $P < 0.05$ , Duncan's new multiple range test)

## 4 Ergebnisse

Bei der Betrachtung der Entwicklung über die Zeit stellt man zudem fest, dass die Biomasseproduktion in der mineralisch gedüngten Variante zwar anfangs stark ist aber mit zunehmender Versuchsdauer nicht zulegen kann, im Gegensatz zu den mit Mikroorganismen behandelten Verfahren. Auch die Kontrolle verliert zunehmend an Biomassezuwachs. Dies zeigt deutlich, dass mehr als nur Nährstoffeffekte für die Unterschiede verantwortlich sind, und dass die mit Mikroorganismen behandelten Varianten keine wiederholte zusätzliche Düngung von aussen brauchen.

In Feldversuchen auf freistehenden Dachgartenbeeten mit reinem Blähtonsubstrat erwies sich die Beigabe von Mykorrhizapilzen vorteilhaft für Sedumarten, noch ausgeprägter jedoch für Kräuter (wie *Potentilla argentea*, *Prunella grandiflora*, *Saponaria ocymoides*, *Silene* spp.). Auch der von mehreren Richtlinien (FLL, SFG) geforderte Deckungsgrad konnte schon im ersten Jahr in der Variante Mykorrhiza mit organischen Nährstoffen erfüllt werden und im zweiten Jahr – aber nur knapp – auch von der reinen Mykorrhizavariante. Es zeigt sich, dass insbesondere durch die Kombination von Mykorrhizapilzen und geringen Mengen an organischen Nährstoffen die erwünschten Effekte in der oberirdischen Biomasse erzielt werden können und so den konventionell gedüngten überlegen sind.

Der Zusatz von Mykorrhizapilzen zum Dachbegrünungssubstrat oder zur Saat hilft bei der Vegetationsentwicklung. Die Mikroorganismen unterstützen die Wurzeln bei der Nährstoff-, wie auch bei der Wasserversorgung durch eine bessere Ausnutzung des Substrates. Einheitlichere Keimung, verbesserte Entwicklung der Pflanzen im jungen Stadium, wie auch eine nachhaltigere Vegetationsentwicklung sind so erzielbar.

Auch bei der Neuanlage von Blumenwiesen kann mit einer verbesserten Etablierung der Wildkräuter gerechnet werden kann. Zudem steigt die Diversität der auflaufenden Pflanzen, und die Intensität der Blütenbildung nimmt zu. Dieser Effekt konnte in Labor, aber auch in Praxisversuchen in Zusammenarbeit mit dem botanischen Institut der Universität Basel, nachgewiesen werden.

Seit etwa 5 Jahren sind Bodenmikroorganismen, wie die Mykorrhizapilze, direkt mit dem Saatgut vermischt säferti g erhältlich. Für die Praxis wird dadurch die Arbeit, vor allem bei der Trockensaat, stark vereinfacht. Insbesondere bei oft schlecht zugänglichen Dachflächen können dadurch die Ansaatkosten wesentlich reduziert werden. Bei professioneller Planung und Ausführung kann durch die Kombination von Wildkräutersamen mit Boden-Mikroorganismen die sichere und nachhaltige Etablierung artenreicher Dachbegrünungen wesentlich verbessert werden.

Anbieter in der Schweiz:

Otto Hauenstein Samen AG, alle mit „Myko“ bezeichneten Mischungen provideVerde® und mykoVerde® sind Produkte der Firma geoVerde AG.

## 5 Literatur

IPB Halle, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft: Internetpräsentation Mykorrhiza <http://www.ipb-halle.de/myk/index.html>

E. Busch and J.L. Lelley, 1997: Use of Endomycorrhizal Fungi for Plant Cultivation on Buildings. *Angew. Bot.* 71, 50-53 (1997)

K. Turnau and K. Haselwandter, 2002: Arbuscular mycorrhizal fungi, an essential component of soil microflora in ecosystem restoration. *Mycorrhizal Technology in Agriculture* ed. by S. Gianinazzi, H. Schüepp, J.M. Barea and K. Haselwandter. 137 -150. 2002 Birkhäuser Verlag Basel Switzerland.

J.M. Barea, M. Gryndler, P. Lemanceau, H. Schüepp and R. Azcon, 2002: The Rhizosphere of Mycorrhizal Plants. *Mycorrhizal Technology in Agriculture* ed. by S. Gianinazzi, H. Schüepp, J.M. Barea and K. Haselwandter. 1 -18. 2002 Birkhäuser Verlag Basel Switzerland.

B. Billing, M. Streit, M. Müller, O. Weilenmann, 2004: Die Rasenfibel, 5. Auflage, Otto Hauenstein Samen AG, Rafz Switzerland

F. Feldmann, J. Weritz, C. Boyle and G.F. Backhaus, 1996: Symbiontische Mykorrhizapilze im Pflanzenbau. *Dt. Gartenbau* 50, 10-33.

Meinrad Müller, Otto Hauenstein Samen AG  
Gewerbezone Grütt  
CH- 4562 Biberist, Schweiz  
[meinrad.mueller@hauenstein.ch](mailto:meinrad.mueller@hauenstein.ch)

Tobias Schmid, geoVerde AG  
Moserstr. 8  
CH- 8200 Schaffhausen, Schweiz  
[tobias.schmid@geoverde.ch](mailto:tobias.schmid@geoverde.ch)

**Session 2A:**  
**case studies: concepts for design and planning**  
***Objektbeispiele: Planungs- und Gestaltungskonzepte***

# Das DAIMLERCHRYSLER Projekt Potsdamer Platz, Berlin – Planung, Ausführung und Analyse der Gehölzverwendung

**Daniel Roehr, MA (hons), HND (hort.), Landschaftsarchitekt, Deutschland**  
**Susanne Neubert, Dipl. - Ing. agr. Gartenbau, Deutschland**

## Abstract

Die zunehmende Versiegelung des Stadtbodens macht neuartige Kombinationen von umweltfreundlichen Technologien notwendig. Verschiedenste Formen der Dachbegrünung und Regenwassernutzung müssen sich nicht gegenseitig ausschließen. Die Verknüpfung beider ökologischen Prinzipien erbringt vielfältige Synergieeffekte in den Bereichen Stadtklima, Niederschlagswasser-Management und Grünflächennutzung. Dies belegt das innovative Architekturkonzept des DaimlerChrysler-Projektes am Potsdamer Platz in Berlin, welches sowohl durch die verwendeten Techniken, Materialien und Arbeitsmethoden in der Entstehungs- und Planungsphase einzigartig ist. Bei der Planung und Ausführung der Dachbegrünung müssen allerdings verschiedene Schlüsselkriterien beachtet werden (z.B. Substratzusammensetzung, Drainageelemente, Pflanzenselektion). Die praktischen Erfahrungen aus den letzten sieben Jahren seit Fertigstellung der Gebäude am Potsdamer Platz zeigen außerdem, dass den Punkten Dachkonstruktion (Warmdach/Umkehrdach) und Pflege sowie Bewässerung der verwendeten Pflanzen besondere Bedeutung zukommt. Der außergewöhnliche Einsatz verschiedener Großbaumarten als Dachbegrünung am Potsdamer Platz wurde ein Jahr lang nach wissenschaftlichen Kriterien untersucht. Die aufwendigste und anspruchsvollste Form der Gebäudebegrünung, die intensive Dachbegrünung, ist wissenschaftlich bisher nur in geringem Maße untersucht worden. Verwendungsempfehlungen für Großbäume in der Dachbegrünung sind bisher nur aus Praxiserfahrungen abzuleiten. Für die hier untersuchten Baumarten *Sophora japonica*, *Acer saccharinum*, *Catalpa bignonioides* und *Castanea sativa* lassen sich nun sichere Standortkriterien für eine lange Lebensdauer im Standort Dach formulieren. Ihre Entwicklung in diesem Extremstandort wird in Abhängigkeit von ihren Kulturansprüchen dokumentiert, und mit über einen Bodenanschluss verfügende Stadtbäume der gleichen Art und im gleichen Entwicklungsstand verglichen. Damit liegt eine ausführliche wissenschaftliche Analyse dieses außergewöhnlichen Projektes vor.

## The DaimlerChrysler Project at Potsdamer Platz, Berlin – Planning, installation and analysis of the use of trees

The novel combination of environmentally-friendly technologies is becoming necessary as urban ground become increasingly sealed. The most distinct forms of rooftop greening and rain water use must not reciprocally rule each other out. The combination of these ecological principles generates multiple synergy effects in the scope of urban climate, precipitation management and green space utilisation. This substantiated the innovative architecture concept of the DaimlerChrysler-Project at Potsdamer Platz in Berlin, which is unique for the applied techniques, materials, and work methods used in the development and planning phase. There are various key criteria in the planning and installation of green roofs that must be considered (e.g. substrate composition, drainage elements, plant selection). The practical experiences of the last seven years, since the completion of the building at Potsdamer Platz, show that the points of roof construction (non-insulated/ inverted roof) and maintenance, as well as irrigation of the plants used, are particularly meaningful. The extraordinary input of various large tree species for rooftop greening at Potsdamer Platz was studied for one year in adherence to scientific criteria. The most elaborate and exigent form of building planting, the intensive green roof, has only been marginally studied by science. Indeed, recommendations for the use of large trees for rooftop greening are thus far only inferred from practical experience. Certain site criteria were formulated for a long lifespan on the roof location for the tree species studied, *Sophora japonica*, *Acer saccharinum*, *Catalpa bignonioides* and *Castanea sativa*. Their development in this extreme location was documented with reference to their cultural needs, and was compared with ground-sourced urban trees of the same species at the same growth stage. A detailed scientific analysis of this exceptional project is, therewith, available.

## 1 Einleitung

Auf dem ehemaligen Grenzstreifen zwischen Ost- und Westberlin entstand im Zeitraum 1991 bis 1998 unter der Mitarbeit von 16 internationalen Architekturbüros ein architektonisch und ökologisch innovativer Gebäudekomplex am

Potsdamer Platz. Einzigartig sind dabei sowohl die Zusammenarbeit so vieler renommierter Architekten, das speziell für dieses Objekt entwickelte Regenwassermanagement als auch der Einsatz bisher unerprobter Großbaumarten (*Castanea sativa*, *Acer saccharinum*, (*Catalpa bignonioides*) und *Sophora japonica*) in intensiven Dachbegrünungssystemen. In der intensiven Dachbegrünung stehen bis heute kaum wissenschaftliche Forschungsarbeiten über Verwendungseignungen von Großbäumen zur Verfügung. Das Wissen über die Ansprüche von Gehölzen an den Standort Dach ist äußerst begrenzt und muss von ihren natürlichen Standortbedingungen sowie aus der Beobachtung langjährig bestehender Systeme abgeleitet werden. Für die intensive Dachbegrünung am Potsdamer Platz liegt mit dieser Arbeit erstmals eine wissenschaftliche Analyse der Systeme und verwendeten Großbäume vor.

### 1.1 Standort Potsdamer Platz

Über 40 Jahre brachliegendes Grenzland zwischen Ost- und Westberlin, wurde 1991 vom Berliner Senat eine Ausschreibung zur Rückführung des Potsdamer Platzes zum bedeutenden sozialen und geschäftlichen Knotenpunkt Berlins gestartet. Zusammen mit den vier Grundstückseigentümern DAIMLER CHRYSLER, SONY, ASEA BROWN BOWEN und HERTIE stellte der Berliner Senat die Forderung nach übersichtlichen geometrischen Linien unter Beachtung der historischen Struktur, lebendigen Plätzen und einem ökologischen Konzept an die Architekten.



Abbildung 1 Potsdamer Platz 1946 - 1991

Anfang 1995 wurde das Büro KRÜGER + MÖHRLE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (Projektleiter DANIEL ROEHR) mit der Planung und Gestaltung der Dachbegrünung des DAIMLERCHRYSLER Komplexes beauftragt. Zahlreiche individuelle Lösungen wurden zur Problematik der Statik (Gewicht der Großbäume), der geringen Aufbaustärke der Vegetationsschicht von 40 – 80 cm auf den unterschiedlichen Dächern, den Windbedingungen, der gesetzlichen Forderung nach Spielplätzen und dem Regenwassermanagement entwickelt.



Abbildung 2 Bauphase Potsdamer Platz, Berlin

Foto © DANIEL ROEHR

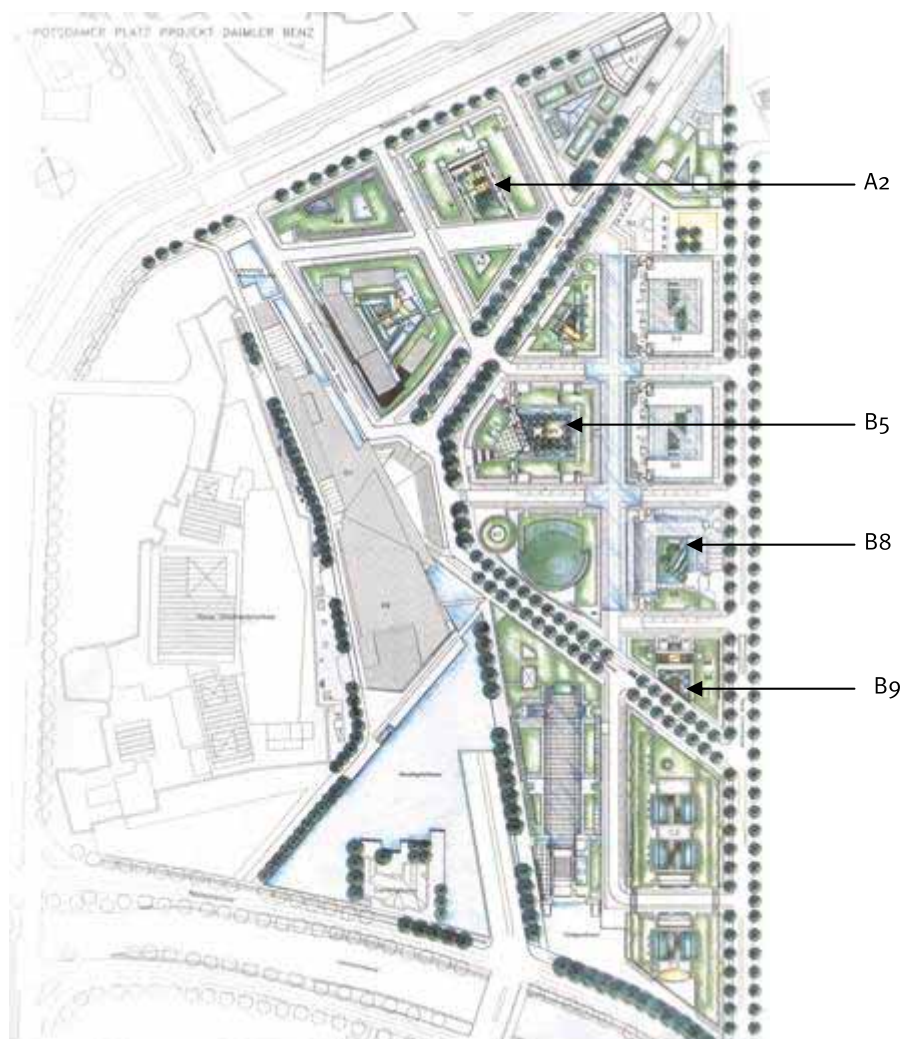


Abbildung 3: Masterplan des Architekturbüros KRÜGER & MÖHRLE, Lage der Höfe A2, B5, B8 und B9 des DAIMLERCHRYSLER Komplexes, © KRÜGER & MÖHRLE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN

## 2 Aspekte der Pflanzenauswahl

Durch die Zusammenarbeit verschiedener Architekten am Projekt Potsdamer Platz flossen unterschiedliche Forderungen an die zu verwendenden Gehölze in die Auswahl mit ein. Erste Einschränkungen in der Verwendung von Bäumen entstanden durch eine begrenzte Belastbarkeit des Daches. Es konnten nur Gehölze bis zu einem bestimmten Gewicht verwendet werden. RENZO PIANO (hauptverantwortlicher Architekt des DAIMLER CHRYSLER Komplexes) forderte für den Hof B5 die Verwendung mehrstämmiger Gehölze. Der Bauherr und spätere Vermieter der anliegenden Wohnungen (DAIMLERCHRYSLER IMMOBILIEN GMBH) schloss alle stark pollenproduzierenden Pflanzen (wie z. B. *Betula pendula*) auf Grund der Allergiegefahr aus. Innerhalb dieser Vorgaben setzte der Landschaftsarchitekt seine ästhetischen Vorstellungen von Art, Farbe und Form der Pflanzen und ihrer Belaubung um. Die Fokussierung der Architekten auf die ästhetische Wirkung der Gehölze lässt eine Prüfung ihrer Verwendungseignung hinsichtlich der herrschenden Standortfaktoren durch einen Gehölzspezialisten sinnvoll erscheinen.

## 3 Daten der Bäume bei der Pflanzung

Angelegt wurden die Pflanzungen auf den Dachgärten im Jahr 1998. Auf dem Dachgarten des MADISON HOTELS (Hof A2) wurden zwölf *Castanea sativa* Hochstamm, mit einem Stammumfang von 18 bis 20 cm und einem Alter von zwölf Jahren gepflanzt. Als Unterpflanzung wählte der Architekt die Rasenschmiere *Deschampsia caespitosa*.

Für den Dachgarten B5 wurden drei *Acer saccharinum* 'Wieri' Hochstamm, mit einem Stammumfang von 80 bis 90 cm, 7 x v. und 35 Jahre alt und sieben *Acer saccharinum* Mehrstamm ebenfalls 7 x v. und 35 Jahre alt geliefert. Die Bäume wurden von der Baumschule auf eine Sommerpflanzung vorbereitet. Als Begleitpflanzung wurden *Rhododendron* der Sorten 'Dagmar', 'Schneewittchen', 'Bismarck' und 'Cunningham's White' verwendet.

Die zwei *Catalpa bignonioides* in Hof B8 waren 1998 15 und 21 Jahre alt mit einer Höhe von vier und sechs Metern. Im Hof B9 wurden neun *Sophora japonica* mit einem Stammumfang von 25 bis 30 cm, 4 x v. und zwölf Jahre alt gepflanzt. Als Unterpflanzung wurden *Prunus laurocerasus* der Sorte 'Otto Luyken' gewählt.

## 4 Vorgehensweise der Eignungsprüfung

Voraussetzung für eine Aussage über die Verwendungseignung von Bäumen in der Dachbegrünung ist die genaue Kenntnis ihrer Standortansprüche, ihrer Herkunft und ihrer Anpassungsfähigkeit an wechselnde Standortbedingungen. Diese wurden durch intensive Literaturrecherche ermittelt.

Die Standortbedingungen in den Höfen wurden analysiert und in ihrer Auswirkung auf die Bäume untersucht. Es erfolgte eine genaue klimatische Einordnung des Standortes Potsdamer Platz in Berlin unter Berücksichtigung urbaner Klimateffekte und bauwerksbedingten Veränderungen des Mikroklimas. Die vegetations-technischen Bedingungen in den Höfen (Vegetationsschichtdicke, -aufbau und Substratzusammensetzung, Nährstoffgehalt des Substrates sowie Be- und Entwässerung) wurden aus den Planungs- und Ausschreibungsunterlagen übernommen und vor Ort überprüft. Die Substrate wurden auf die Nährstoffgehalte von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium im Labor analysiert. Die Handhabung der Bewässerung sowie der Pflege der Dachbegrünung wurde im persönlichen Gespräch mit dem Pflegepersonal überprüft.

Die Bäume wurden von September 2003 bis Oktober 2004 auf charakteristische Kennzahlen und Messgrößen (siehe Abschnitt o Baumbewertung) untersucht.

Um die Beeinflussung der Pflanzen durch die künstlichen Standortbedingungen verifizieren zu können, wurden Bäume der gleichen Art und gleichen Alters an einem freien Standort mit Anschluss an tiefere Bodenschichten (Platz der Republik in Berlin) zu Vergleichszwecken untersucht.

#### 4.1 Vegetationstechnische Standortfaktoren

**Tab. 1** Vegetationstechnische Standortfaktoren in den Höfen A2, B5, B8 und B9 am Potsdamer Platz

Baumart	Standort	Vegetationsschicht	Bemerkungen
<i>Castanea sativa</i>	Hof A2, Restaurantgarten des MADISON HOTELS	55,7 cm	
<i>Acer saccharinum</i>	Hof B5	110 cm	Standisierung im Wurzelbereich durch über dem Ballen verlegtes Eisengitter
<i>Catalpa bignonioides</i>	Hof B8	40 cm, um die Wurzelballen herum bis auf 70 cm aufgeschüttet	Standisierung durch Seilverbindungen Stamm – Boden
<i>Sophora japonica</i>	Hof B9	78 cm	

Menge und Häufigkeit der Bewässerung werden über ein computergesteuertes System automatisch geregelt. Zu diesem Zweck sind in jedem Innenhof zeitgesteuerte Bodenfeuchtfühler (Tensiometer) installiert, welche in regelmäßigen Zeitabständen die Bodenfeuchtigkeit messen und im Bedarfsfall den Impuls für eine Wassergabe auslösen. Dies geschieht im Innenhof B8 durch versenkbare Sprinkler, welche bei Bedarf ausgefahren werden und den Innenhof überirdisch beregnen. In allen anderen Höfen sind automatische Tropfbewässerungsanlagen in 5 bis 10 cm Tiefe wurzelnah installiert. Die Bewässerungsanlagen wurden speziell für jeden Innenhof geplant und werden vorrangig mit Regenwasser, das in Trockenzeiten durch Leitungswasser ersetzt wird, gespeist.

Die Entwässerung wird durch ein Gefälle der Drainschicht von 2 % gewährleistet. Das überschüssige Wasser wird vom Dach durch einen am tiefsten Punkt installierten Abfluss abgeleitet. Nach mündlicher Mitteilung hat der mit der Pflege der Höfe B8 und B9 beauftragte Gärtner die Bewässerungsanlagen auf Grund des hohen Wasserverbrauches zu einer Anstauabewässerung umfunktioniert. Dies geschah ohne Absprache mit dem Landschaftsarchitekturbüro KRÜGER & MÖHRLE.

#### 4.2 Substrat

Der geschlossene Wasserkreislauf der Gebäude am Potsdamer Platz bedingt zusätzliche Voraussetzungen an die verwendeten Vegetationssubstrate. Um einer Eutrophierung der Zisternen und des Stausee vorzubeugen, musste bei der Zusammensetzung der Substrate auf eine geringe Belastung des Abflusswassers mit organischem Material geachtet werden. Folgende Zusammensetzung wurde von dem ausführenden Architekturbüro im Ausschreibungstext vorgeschrieben: 30 Vol. % Blähschiefer, 30 Vol. % gütegesichteter, ausgereifter Grünkompost, 30 Vol. % sandiger Oberboden, unkrautfrei und giftfrei (Berliner Humus) und 10 Vol. % Ton, granuliert und strukturfest.

Die folgenden Substrate wurden soweit rekonstruierbar laut Lieferscheinen in den Höfen A2, B5 und B8 verwendet. Der Lieferschein über das Substrat für den Hof B9 war im Jahr 2004 schon archiviert und nicht mehr einsehbar. Die im Oktober 2004 vorgenommenen Substratuntersuchungen lassen abweichende Eigenschaften des im Hof B9 verwendeten Substrates von dem Geforderten erkennen.

# Eigenschaften des Intensivsubstrates VULKAPLUS 0/12 der Firma VULKATEC für die Höfe A2 und B5.

## Zusammensetzung

Naturprodukt (Eruptivsteingemisch mit organischen Zuschlägen) bestehend aus Augit, Olivin, Magnetit, Limonit, Biotit, organische Masse.

**Tabelle 2:**

Nährstoffzusammensetzung des Substrates der Höfe A2 und B5

Nährstoff	enthalten in %
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	ca. 46,0
Aluminium (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	ca. 14,0
Magnesium (MgO)	ca. 10,3
Kali (K <sub>2</sub> O)	ca. 4,4
Mangan (MnO)	ca. 0,8
Eisen (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	ca. 7,9
Kalk (CaO)	ca. 8,7
Natrium (Na <sub>2</sub> O)	ca. 8,8
Titan (TiO <sub>2</sub> )	ca. 1,6
Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	ca. 0,7

**Tabelle 3:** Vegetationstechnische Eigenschaften der in den Höfe A2 und B5 verwendeten Substrate

	VULKAPLUS „intensiv“
<b>Korngrößenverteilung</b>	
(a) abschlämmbare Bestandteile	5,5 Massen %
(b) Fein-/Mittelkies	65 Massen %
<b>Volumengewicht</b>	
Trockener Zustand	1,09 t/m <sup>3</sup>
bei max. Wasserkapazität	1,45 t/m <sup>3</sup>
<b>Wasser-/Luft-Haushalt</b>	
max. Wasserkapazität	46 Vol. %
Wasserdurchlässigkeit K mod.	0,015 cm/s
<b>pH-Wert</b>	6,8
<b>Carbongehalt</b>	8 g/l
<b>Salzgehalt</b>	0,5 g/l
<b>organische Substanz</b>	6,5 Massen %
<b>C/N-Verhältnis</b>	28

**Produktbeschreibung:** Mineralisch/organisches Substrat, entmischungssicher zusammengesetzt.

Basiskomponenten sind Natur-Bims, Leicht-Lava, Rindenkompost, Grünkompost, Torf. Die Mischung ist offenporig und mit hohem Gesamtporenvolumen versehen, besitzt eine gute Nährstoffspeicherkapazität und ist sehr keimungs- und wachstumsfördernd.

**Einsatzquellen:** Für anspruchsvolle Begrünungsarten, wahlweise mit unterschiedlichen pH-Werten, abgestimmt auf die geplante Vegetation, Baumpflanzungen und Baumsanierungen.

Dabei wurden die Anteile wie folgt in die Höfe eingebaut: In den Innenhof A2 kam VULKATEC PLUS mit einem Volumenanteil von 40 % Lava (2/12), 30 % Kompost, 20 % Bims und 10 % Sand. Die *Rhododendron* (Hof B5) erhielten eine Mischung mit 50 % Lava (2/12), 25 % Weißtorf, 15 % Bims und 10 % Sand. VULKATEC PLUS wurde in einer Stärke von 40 – 50 cm ausgebracht. Darunter liegt in der jeweiligen Vegetationsschichtstärke Blähschiefer 2/8 der Firma VTS (Vereinigung Thüringer Schieferwerke).

[1]

Eigenschaften des OPTIGRÜN-INTENSIV-SUBSTRATES TYP 1 und des OPTIGRÜN-UNTERSUBSTRATES TYP U der Firma OPTIGRÜN für den Hof B8.

**Tabelle 4** Eigenschaften der von der Firma Optigrün für den Innenhof B8 gelieferten Substrate

	<b>OPTIGRÜN-INTENSIV- SUBSTRAT TYP 1</b>	<b>OPTIGRÜN- UNTERSUBSTRAT TYP U</b>
	<b>Material</b>	
	Lava, Bims, Blähschiefer, Blähton, Rindenhumus, Grünschnittkompost, Ziegelsplitt, Sinterschlacke	Lava, Bims, Blähschiefer, Ziegelsplitt, Rindenkompost, Grünschnittkompost
	<b>Eigenschaften</b>	
Gesamtporenvolumen	60 – 75 Vol. %	> 55 – 60 Vol. %
Gewicht bei max. Wasserkapazität und Verdichtung	ca. 1190 kg/m <sup>3</sup>	1035 kg/m <sup>3</sup>
Maximale Wasserkapazität	45 – 65 Vol. %	25 – 45 Vol. %
Organische Substanz	6 – 12 Massen %	< 3 Massen %
pH-Wert	5,5 – 7,0	5,5 – 7,0
Wasserdurchlässigkeit	≥ 0,3 mm/min	-
Adsorptionskapazität	≥ 120 mmol/l	-
Verdichtungsfaktor	1,3	1,15
wasserlösliche Salze	-	* 2,5 g/l
	<b>Anwendungsbereich</b>	
	Vegetationsschicht für mehrschichtige Intensivbegrünung und Pflanzgefäße	Füllsubstrat zwischen Filtervlies und Intensivsubstrat
	<b>Lieferform</b>	
	lose, geblasen, Sackware, Big-Bag	lose, geblasen, Big-Bag

[2]

Eigenschaften des Intensivsubstrates VULKAPLUS 0/12 der Firma VULKATEC für die Höfe A2 und B5.

**Zusammensetzung:**

Naturprodukt (Eruptivsteingemisch mit organischen Zuschlägen) bestehend aus Augit, Olivin, Magnetit, Limonit, Biotit, organische Masse.

**Tabelle 5** Nährstoffzusammensetzung des Substrates der Höfe A2 und B5

Nährstoff	enthalten in %
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	ca. 46,0
Aluminium (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	ca. 14,0
Magnesium (MgO)	ca. 10,3
Kali (K <sub>2</sub> O)	ca. 4,4
Mangan (MnO)	ca. 0,8
Eisen (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	ca. 7,9
Kalk (CaO)	ca. 8,7
Natrium (Na <sub>2</sub> O)	ca. 8,8
Titan (TiO <sub>2</sub> )	ca. 1,6
Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	ca. 0,7

**Tabelle 6** Vegetationstechnische Eigenschaften der in den Höfe A2 und B5 verwendeten Substrate

	VULKAPLUS „intensiv“
<b>Korngrößenverteilung</b>	
(a) abschlämbbare Bestandteile	5,5 Massen %
(b) Fein-/Mittelkies	65 Massen %
<b>Volumengewicht</b>	
Trockener Zustand	1,09 t/m <sup>3</sup>
bei max. Wasserkapazität	1,45 t/m <sup>3</sup>
<b>Wasser-/Luft-Haushalt</b>	
max. Wasserkapazität	46 Vol. %
Wasserdurchlässigkeit K <sub>mod</sub> .	0,015 cm/s
<b>pH-Wert</b>	6,8
<b>Carbongehalt</b>	8 g/l
<b>Salzgehalt</b>	0,5 g/l
<b>organische Substanz</b>	6,5 Massen %
<b>C/N-Verhältnis</b>	28

Dabei wurden die Anteile wie folgt in die Höfe eingebaut: In den Innenhof A2 kam VULKATEC PLUS mit einem Volumenanteil von 40 % Lava (2/12), 30 % Kompost, 20 % Bims und 10 % Sand. Die *Rhododendron* (Hof B5) erhielten eine Mischung

mit 50 % Lava (2/12), 25 % Weißtorf, 15 % Bims und 10 % Sand. VULKATEC PLUS wurde in einer Stärke von 40 – 50 cm ausgebracht. Darunter liegt in der jeweiligen Vegetationsschichtstärke Blähschiefer 2/8 der Firma VTS (Vereinigung Thüringer Schieferwerke).

[1]

Eigenschaften des OPTIGRÜN-INTENSIV-SUBSTRAT TYP 1 und des OPTIGRÜN-UNTERSUBSTRAT TYP U der Firma OPTIGRÜN für den Hof B8.

**Tabelle 7** Eigenschaften der von der Firma OPTIGRÜN für den Innenhof B8 gelieferten Substrate

	OPTIGRÜN-INTENSIV-SUBSTRAT TYP 1	OPTIGRÜN-UNTERSUBSTRAT TYP U
<b>Material</b>		
	Lava, Bims, Blähschiefer, Blähton, Rindenhumus, Grünschnittkompost, Ziegelsplitt, Sinterschlacke	Lava, Bims, Blähschiefer, Ziegelsplitt, Rindenkompost, Grünschnittkompost
<b>Eigenschaften</b>		
Gesamtporenvolumen	60 – 75 Vol. %	> 55 – 60 Vol. %
Gewicht bei max. Wasserkapazität und Verdichtung	ca. 1190 kg/m <sup>3</sup>	1035 kg/m <sup>3</sup>
Maximale Wasserkapazität	45 – 65 Vol. %	25 – 45 Vol. %
Organische Substanz	6 – 12 Massen %	< 3 Massen %
pH-Wert	5,5 – 7,0	5,5 – 7,0
Wasserdurchlässigkeit	≥ 0,3 mm/min	-
Adsorptionskapazität	≥ 120 mmol/l	-
Verdichtungs faktor	1,3	1,15
wasserlösliche Salze	-	• 2,5 g/l
<b>Anwendungsbereich</b>		
	Vegetationsschicht für mehrschichtige Intensivbegrünung und Pflanzgefäße	Füllsubstrat zwischen Filtervlies und Intensivsubstrat
<b>Lieferform</b>		
	lose, geblasen, Sackware, Big-Bag	lose, geblasen, Big-Bag

[2]

#### 4.2.1 Nährstoffgehalte der Substrate

Dachbegrünungssubstrate sind wie allen belebten Medien Veränderungen unterworfen. Die sieben Jahre alte intensive Dachbegrünung am Potsdamer Platz wird jährlich gedüngt. Um eine Aussage über die Nährstoffversorgung der Bäume treffen zu können, wurden Substratuntersuchungen und Nährstoffanalysen durchgeführt.

Da es sich bei der Dachbegrünung nicht um gewachsenen Boden handelt, müssen einige Besonderheiten bei der Probenentnahme beachtet werden. Die herkömmliche Form der Entnahme mit dem Stecheisen ist hier ungeeignet, da in manchen Höfen die Aufbaustärke der Vegetationsschicht die Länge des Bohrzylinders unterschreitet wodurch es zu einer Verletzung der empfindlichen Schutzschichten kommen könnte. Weiterhin sind viele Leitungen in dem Substrat verlegt, die ebenfalls beim Einschlagen des scharfkantigen Stecheisens beschädigt werden könnten. Es wurde vorsichtig ein 50 cm tiefes Loch in die Substratschicht gegraben (an sensiblen Stellen mit der Hand) und ein Abstrich der gesamten Tiefe entlang entnommen.

**Tab 8** Darstellung der Nährstoffversorgung der Intensivsubstrate der Höfe A2, B5, B8 und B9 des Daimler Chrysler Buildings am Potsdamer Platz in Berlin vom 10.11. 2004

Probe	pH	Nährstoffgehalt			
		N in mg/l NO <sub>3</sub> -N	P in mg/l PO <sub>4</sub>	K in mg/l KO	Mg in mg/l
<i>Castanea sativa</i> (Hof A2) Probe 1	6,7	7	93	0)	112
<i>Castanea sativa</i> (Hof A2) Probe 2	6,6	6	119	0	108
<i>Acer saccharinum</i> (Hof B5) Probe 3	6,9	7	u)	148	80
<i>Acer saccharinum</i> (Hof B5) Probe 4	6,9	6	58	469	109
<i>Rhododendron</i> (Hof B5) Probe 5	6,8	12	101	482	149
<i>Rhododendron</i> (Hof B5) Probe 5	6,9	4	36	296	67
<i>Catalpa bignonioides</i> (Hof B8) Probe 7	6,9	6	81	298	73
<i>Catalpa bignonioides</i> (Hof B8) Probe 8	6,9	8	94	423	131
<i>Sophora japonica</i> (Hof B9) Probe 9	6,9	9	201	245	147
<i>Sophora japonica</i> (Hof B9) Probe 10	7,0	12	211	351	152

) nicht messbar, Wert höher als Messbereich des Photometers

) nicht nachweisbar

[3]

Ergebnisse der Bodenuntersuchung am Platz der Republik in Berlin

Das GRÜNFLÄCHENAMT BERLIN MITTE [4] hat im Jahr 2004 die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN [5] mit der jährlichen Bodenuntersuchung für den Vergleichsstandort Platz der Republik beauftragt.

**Tab 9** Ergebnisse der Bodenuntersuchung am Platz der Republik

Prüfparameter		Prüfergebnis	
		Wert	Einheit
pH-Wert	pH	7,0	
Phosphor	PO <sub>4</sub>	3	mg/100 g
Kalium	KO	6	mg/100 g
Magnesium	Mg	5	mg/100 g

Für Dachbegrünungssubstrate existiert keine Einteilung in Nährstoffversorgungsstufen [6]. Es gelten ausschließlich die Empfehlungen der FLL [7]. Die Dachbegrünungsrichtlinie der FLL 2002 [7] empfiehlt die in Tab 10 aufgeführten Nährstoffgehalte in Vegetationssubstraten nicht zu überschreiten. Von höheren Nährstoffbevorzugungen ist auf Grund der geringen Adsorptionskapazität der Vegetationssubstrate und der daraus resultierenden Gefahr einer Umweltbelastung durch Auswaschung der Nährstoffe abzuraten. Der pH-Wert sollte sich nach den Ansprüchen der verwendeten Vegetation richten.

**Tab 10** Nährstoffgehalte in Vegetationssubstraten (FLL 2002) [7]

pH-Wert	Nährstoffe in mg/Liter			
	N	PO <sub>4</sub>	KO	Mg
5,5 – 8,0	• 80	≤ 200	• 700	• 160

Die am Potsdamer Platz ermittelten Nährstoffgehalte liegen bis auf zwei Ausnahmen alle unter den von der FLL [7] empfohlenen Höchstgrenzen für Nährstoffgehalte in Vegetationssubstraten. In vielen Proben liegen jedoch v.a. die Gehalte an Phosphor und Magnesium dicht unter den Höchstgrenzen. Die Stickstoffgehalte der untersuchten Substrate sind als sehr niedrig einzustufen. Der in den Proben 1 und 2 (Hof A2) ermittelte pH-Wert von 6,7 und 6,6 entspricht nicht den Ansprüchen der *Castanea sativa* an einen sauren Boden. Die pH-Werte der restlichen Proben liegen im Optimum der verwendeten Baumarten.

Am Platz der Republik herrscht absoluter Phosphormangel und ein leichter Mangel an Kalium. Magnesium ist ausreichend im Boden vorhanden. Der pH-Wert ist zu hoch.

### Methodik der Baumbewertung

Die als Dachbegrünung am Potsdamer Platz in Berlin gepflanzten Bäume wurden vom September 2003 bis Oktober 2004 nach einem wissenschaftlich Bewertungsschema [8] unter rein visuellen Gesichtspunkten (zerstörungsfrei) bonitiert. Nach allgemeinen Angaben zu Baumart, Standort, Stammumfang, Höhe, Alter und Lebenserwartung der Bäume folgte eine ausführliche Analyse des Gesamteindrucks und der einzelnen Teilbereiche der Bäume. Der Stammumfang wurde in 1 m Höhe mit einem Bandmass gemessen. Die Höhe der Bäume wurde unter Zuhilfenahme der Stockwerkanzahl in den einzelnen Höfen geschätzt. Die Lebenserwartung wurde nach Abschluss der Untersuchungen von der Standortsituation und dem Zustand der Bäume abgeleitet.

Baumbewertung	
Baumart:	
Standort:	
Stammumfang cm:	
Höhe m:	
Alter:	
Lebenserwartung:	
<b>Diagnose</b>	
Gesamtbild:	Abweichung vom Habitus/Charakter Belaubung vorzeitiger Laubfall eingeeengter, bedrängter Standort Lage und Entfernung der Hauswand Abstand zum nächsten Baum
Wurzelbereich:	eingeeengter Wurzelbereich Aufschüttungen/Überschüttungen Stockausschlag Schäden am Wurzelanlauf Begleitkultur
Stamm	gerader/geneigter Wuchs (Neigungswinkel, -richtung arttypische Rinde Stammverdickungen/Wucherungen Frost-, Stammrisse Nassstellen/Faulstellen Pilzbefall Zwieselbildung Gabelung Stammbruch Überwallungen Rindeneinwüchse
<u>Kronenbereich:</u>	enge/spitze Gabelung
aufspaltende Gabelung/ bereits gerissen/ ausfallend	
Krone:	mächtige, weite Krone Konkurrenz einseitige Kronenausbildung/ -richtung Neigung Ausdehnungsrichtung der Zweige Brüche (Kronen, Ast) Verkahlungen Spitzen-, Wipfeldürre trockene Äste/Kronenteile Totholzanteil ausladende, kopflastige Äste Zweigdichte/Verzweigungszustand
Jahreszuwachs:	
Rindenschäden im Kronenbereich:	
Schädlings-, Pilzbefall:	
Bemerkung:	

Abbildung 4 Baumbewertungsschema

[3], [8]

#### 4.4 Entwicklung und Zustand der Bäume

In Tabelle 8 sind die wichtigsten Ergebnisse der Baumbewertungen (vergl. Abb. 4) zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 11 Entwicklung und Zustand der Bäume [3]

Baumart/Standort	Höhe	Alter	Lebenserwartung	Stammumfang/ zunahme	Wurzelraum	Krone/ Verzweigung	Belaubung	Jahreszuwachs	Totholzanteil
<i>Castanea sativa</i> im Hof A2 am Potsdamer Platz	5 bis 6 m	18 Jahre	mind. 20 Jahre	26,5 bis 33 cm / Zunahme 1,5 bis 2,5 cm	Substrat bis in 10 cm Tiefe sehr stark durchwurzelt	gerader Wuchs mit lockerem Kronenaufbau	sehr große dunkelgrüne Blätter	50 bis 70 cm	gering
<i>Acer saccharinum</i> im Hof B5 am Potsdamer Platz Mehrstämmige	7 bis 8 m	41 Jahre	8 – 12 Jahre	Zunahme zwischen 0,5 bis 2,5 cm	30 cm vom Stamm entfernt bis in 50 cm Tiefe stark durchwurzelt, hoher Feinwurzelanteil ; 3 m von Stamm entfernt keine Wurzeln feststellbar	gleichmäßig/locker	unterschiedlich von üppig bis spärlich; Konkurrenz im Kronenbereich Verkahlungen im inneren Kronenraum	5 bis 10 cm	10 %
<i>Acer saccharinum</i> im Hof B5 am Potsdamer Platz Einstämmige	10 bis 11 m	41 Jahre	max. 7 Jahre	90 bis 91 cm/ Zunahme 1,0 cm	s. o.	s.o.	s. o. Blattschäden	s. o.	bis zu 30 %
<i>Catalpa bignonioides</i> im Hof B8 am Potsdamer Platz	2,5 m	21 Jahre	10 Jahre	54,5 cm	nicht so stark durchwurzelt wie unten	Stammkappung in 2 m Höhe	Blättverkrüppelungen, Sonnenbrand	schoßerartig er Durchtrieb, 70 cm	-
<i>Catalpa bignonioides</i> im Hof B8 am Potsdamer Platz	7 m	27 Jahre	10 Jahre	75 cm/ Zunahme 3 cm	bis in 40 cm stark durchwurzelt	gleichmäßig in alle Richtungen	üppig im äußeren Kronenbereich	20 cm	10 %
<i>Sophora japonica</i> im Hof B9 am Potsdamer Platz	7 bis 8 m	18 Jahre	10 Jahre	43 bis 58 cm	gut durchwurzelt, sehr feuchtes Substrat	locker, schirmartig	voll, dunkelgrün	50 bis 70 cm	10 %
<i>Castanea sativa</i> am Platz der Republik	8 m	18 Jahre	10 Jahre	50 cm	keine Bodenuntersuchung	gleichmäßig, Wipfeldürre	klein, Blattrandverbäunungen	5 cm	5 %
<i>Acer saccharinum</i> am Platz der Republik	7 m	nicht bekannt	10 Jahre	Mehrstamm	keine Bodenuntersuchung	aufstrebend, dichte Verzweigung	spärlich, vorzeitige Verbräunung	2 bis 5 cm	5 %
<i>Sophora japonica</i> am Platz der Republik	7 m	17 Jahre	30 bis 40 Jahre	43,5 cm	keine Bodenuntersuchung	arttypisch, gleichmäßiger Kronenaufbau	klein, sehr hell	10 cm	10 %

Ein zum Vergleich geeigneter *Catalpa bignonioides* konnte im Untersuchungszeitraum nicht auffindig gemacht werden.

## 5 Vergleich der Baumarten am Standort Dach und Standort Park

Im Vergleich mit den Bäumen am Platz der Republik sind die Pflanzen am Potsdamer Platz trotz ihres begrenzten Bodenraumes in einem besseren Zustand. So weisen die *Castanea sativa* im Dachgarten A2 ein wesentlich dichteres, gesünderes Blattwerk auf als die *Castanea sativa* am Platz der Republik. Diese haben sichtbare Blattschäden und insgesamt eine schütterere Krone. Sie sind schlechter mit Nährstoffen versorgt und stehen in Nähe einer mehrspurigen Straße. Allerdings ist ihr Standort gegenüber dem der *Castanea sativa* vom Potsdamer Platz viel freier. Das äußert sich in einem wesentlich größeren Stammumfang, obwohl beide im selben Alter sind. Auch die Krone ist viel größer und weitverzweigter ausgebildet. Die *Castanea sativa* im Dachgarten A2 werden jährlich zurückgeschnitten, was sie gut vertragen.

Auch der Vergleichs-*Acer saccharinum* zeigt wie die Vergleichs-*Castanea sativa* vorzeitige Blattverbräunungen und eine schopfartige Belaubung. Sein Verzweigungszustand ist jedoch üppiger und dichter als bei den *Acer saccharinum* am Potsdamer Platz. Auffällig sind hier Scheuerstellen an den unteren Ästen, welche z.T. auch Ursache von Vandalismus sind. Der Jahreszuwachs ist auch bei diesem *Acer saccharinum* sehr gering.

Der *Sophora japonica* am Platz der Republik hat deutlich bessere Standortbedingungen als die am Potsdamer Platz. Er steht auf nährstoffarmen, aufgrund des Untergrundes eher trockenem Boden, mit freiem Kronen- und Wurzelraum. Trotzdem weist er einen geringeren Stammumfang und Jahreszuwachs auf. Der Totholzanteil ist ähnlich dem der im Innenhof B9 am Potsdamer Platz stehenden *Sophora japonica* und als arttypisch zu betrachten.

Bei diesem Vergleich wird deutlich, dass die Pflanzen einer Dachbegrünung dem Vergleich mit anderen Stadtbäumen durchaus standhalten können. Sie sind durch ihre geschützte Lagen und zuwendungsreicheren Pflege sogar in einer überlegenen Situation. Dazu zählt auch der Schutz vor Vandalismus. Lediglich das geringe zur Verfügung stehende Wurzelvolumen und die konkurrenzbedingten Einschränkungen im Kronenbereich benachteiligen sie gegenüber Parkbäumen im gewachsenen Boden.

## 6 Eignung der Arten für die Dachbegrünung

### *Castanea sativa*

Die *Castanea sativa* sind vor allem auf Grund ihrer Hitzeverträglichkeit, der Wind- und Sturmfestigkeit gut für die Dachbegrünung geeignet. Sie stehen als einzige der untersuchten intensiven Dachbepflanzungen exponierter, sind durch den als Dachbegrenzungselement gepflanzten (sehr dichten) Bambus aber gut vor Winden geschützt. Gegen eine Verwendung sprechen die Anfälligkeit gegen Früh- und Spätfröste und das tiefgehende Wurzelsystem, dem nur eine begrenzte Aufbaustärke der Vegetationsschicht zur Verfügung steht. Das verwendete Substrat ist gut auf ihre Ansprüche abgestimmt, der pH-Wert könnte durch eine Aufbesserung des Bodens mit Torf oder unter Verwendung von schwefelsaurem Ammoniak etwas gesenkt werden. Die sehr schönen Pflanzen mit ihrem dunkelgrünen Laub, den duftenden Blüten und bizarren Früchten schaffen mit dem lockeren Gras zusammen eine intime und sehr private Atmosphäre im Wintergarten des Restaurants des MADISON HOTELS.

### *Acer saccharinum*

Auch viele Eigenschaften des *Acer saccharinum* sprechen für eine Verwendung in der Dachbegrünung. Er ist frosthart, stadtklimafest und leicht verpflanzbar [9]. Letztere Eigenschaft ist am Potsdamer Platz von besonderer Bedeutung, da die Bäume in einem Alter von 35 Jahren als Großbäume verpflanzt wurden. *Acer saccharinum* toleriert alle kultivierten Böden von schwach sauer bis alkalisch.

Gegen eine Verwendung in der Dachbegrünung sprechen sein intolerantes Wurzelwerk, die Windbruchgefährdung und sein hoher Wasserbedarf (hohe Unterhaltungskosten). Bei allen drei einstämmigen *Acer saccharinum* ist die konsequente Erziehung des Leittriebes missachtet worden und hat zu der typischen Zwieselbildung, welche die Bruchgefahr noch verstärkt, geführt.



**Abbildung 5** Lieferung der *Acer saccharinum* in den Hof B5, Foto © D.ROEHR

Der *Acer saccharinum* ist ein starkwüchsiger Baum, der windgeschützte Lagen bevorzugt. Der Innenhof B5 ist von drei Seiten durch hohe Fassaden geschützt. Die offene Seite, in der Hauptwindrichtung Südwest, führt jedoch zum Teil zu sehr starken Windböen im Hof. An windigen Tagen wirkt der Innenhof dadurch zu unwirtlich für eine Nutzung durch die Anwohner. Die Starkwüchsigkeit der *Acer saccharinum* kommt dem ästhetischen Gestaltungswunsch nach einem Hof mit Waldcharakter entgegen, hat aber auch eine rasche Konkurrenz um Licht im Kronenbereich der einzelnen Bäume zur Folge. Dies dürfte zusammen mit dem Stickstoffmangel eine Ursache für die schütterere Belaubung der Bäume sein. Die Aufbaustärke der Vegetationsschicht von 110 cm stellt die absolute Mindestgrenze für so mächtige Bäume wie den *Acer saccharinum* dar.

Der hohe Wasserbedarf und das weitreichende aggressive intolerante Wurzelsystem führen bei den als Unterpflanzung verwendeten *Rhododendron* zu einer Einschränkung ihres Wachstums. Oberirdisch ergänzen sich die beiden Arten hervorragend. Die *Rhododendron* lieben einen lichten

Halbschatten, den die *Acer saccharinum* mit ihrem lockeren Kronenaufbau und besonders die stark geschlitzten Varietät 'Wieri' bieten. Die üppigen hellen *Rhododendron*-Blüten wirken unter dem Blätterdach der Bäume frisch und belebend.

#### *Catalpa bignonioides*

*Catalpa bignonioides* ist die einzige der verwendeten Baumarten, deren Eignung durch langjähriges Gedeihen am Standort Dach (Parkterrasse Große Schanze in Bern) bewiesen wurde [10]. Sein schnelles Wachstum, der malerische lockere Wuchs und die herrlichen Blüten sind eine Bereicherung jeder Umgebung. Zudem ist er industrie- und stadtklimafest. Dem Lichtanspruch der umliegenden Wohnungen wird durch den späten Austrieb und den frühen Blattaufwurf genügt.

Die Aufbaustärke ist im Hof B8 am Potsdamer Platz zu gering gewählt, was zu einer ungenügenden Standsicherheit führt. Die sehr großen Blätter verstärken das Ungleichgewicht zwischen der Windangriffsfläche und dem standsichernden Wurzelraum zusätzlich. Die dadurch notwendige Standsicherung wurde nur ungenügend kontrolliert, was zu einer Abschnürung der Rinde und folgendem Absterben der darüber befindlichen Krone des jüngeren *Catalpa bignonioides* führte. Problematisch können die dicken fleischigen Herzwurzeln bei einer geringen Stärke der Vegetationsschicht und Wasseranstaue werden. In diesem Kontext ist der Umbau der Sprinkler- in eine Anstauebewässerung im Hof B8 sehr kritisch zu sehen, zumal dies ohne Absprache mit dem Landschaftsarchitekten geschah [11]. Die Anstauebewässerung verursacht eine für die staunässeempfindlichen Wurzeln ungünstigen Bodenfeuchte. Im Zusammenhang mit einer sehr guten Nährstoffversorgung kann dies wiederum zu einer ungenügenden Ausreifung des Holzes und einer damit verbundenen Frostgefährdung [9] beitragen.

#### *Sophora japonica*

Die Anspruchslosigkeit an den Boden und das Gedeihen in extremen innerstädtischen Pflanzsituationen sprechen für eine Verwendung der *Sophora japonica* in der Dachbegrünung. Der späte Austrieb und die lockeren Fiederblätter gewährleisten den dicht angrenzenden Wohnungen genügend Licht. Auch bei dieser Art, ebenfalls ein fleischiger Herzwurzler, ergibt sich das Problem der Frostgefährdung durch zu feuchten, nährhaften Boden. Dazu ist zu bemerken, dass auch der Innenhof B9 zu einer Anstauebewässerung, wiederum ohne Genehmigung des Landschaftsarchitekten [11], durch den Gärtner umgebaut wurde. Das Substrat wirkte bei der Untersuchung sehr feucht. Auffällig sind die gegenüber den anderen Substratproben erhöhten Nährstoffgehalte der Substrate im Hof B9. Dies könnte auf eine verminderte Aufnahme durch die Pflanzen zurückzuführen sein. In dieser Situation ist die Gefahr der Frostschädigung durch nicht ausgereiftes Holz, zumal die Pflanzen noch relativ jung sind, gegeben [9], [12].

Die geringe Aufbaustärke von 78 cm, zu hohe Nährstoffgehalte und feuchtes Substrat schaffen den Ansprüchen des *Sophora japonicas* entgegengesetzte Wachstumsbedingungen, so dass die Bäume nicht für die Dachbegrünung geeignet erscheinen. Seine filigrane Schönheit und die vielen stadtfesten Eigenschaften sprechen aber für weitere Versuche hinsichtlich der Verwendung in diesem Bereich, wobei seine Ansprüche stärker berücksichtigt werden müssen. In diesem Fall würde das eine Kostenersparnis in Düngung und Gießwasser bedeuten. Die Vegetationsschichtdicke sollte bei künftigen Bauvorhaben erhöht werden.

## 7 Fazit

Die wissenschaftliche Forschung über Großbäume in Dachbegrünungssystemen steht erst am Anfang. Die im DAIMLERCHRYSLER Komplex verwendeten Bäume wurden nach einem Jahr Beobachtung, Untersuchung und Dokumentation hinsichtlich ihrer Verwendungseignung und Lebenserwartung bewertet. Die Arten besitzen viele wertvolle Eigenschaften, die ihre Verwendung in der Dachbegrünung rechtfertigen. Die Pflanzen befinden sich in den Höfen an einem geschützten Standort (geeignetes Mikroklima). Als entwicklungshemmend müssen die geringe Aufbaustärke, Anstaubbewässerung, zu enger Stand und unkoordinierte Düngung angesehen werden. Durch eine frühzeitige Einbeziehung des Landschaftsarchitekten und eines Gehölzspezialisten in die Planungsphase können diese Nachteile behoben werden.

## 8 Literatur

- [1] VULKATEC RIEBENSAMEN GMBH, Gewerbegebiet Pommernfeld, 56630 Kretz /Andernach
- [2] OPTIGRÜN INTERNATINAL AG, D-72505 Krauchenwies
- [3] NEUBERT, S. (2005): Erfassung des Standortes sowie Beurteilung der Verwendungseignung verschiedener Baumarten für die Dachbegrünung am Potsdamer Platz, Berlin. Diplomarbeit im Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen-Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- [4] BEZIRKSAMT MITTE VON BERLIN Abt. Stadtentwicklung Straßen- und Grünflächen-amt, BA Mitte von Berlin, 13341 Berlin (Postanschrift)
- [5] LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN, Bonn (Auftragsnummer 2004003126)
- [6] BÄRTELS, A. (1995): Der Baumschulbetrieb. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- [7] FLL (2002): Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung – Landschaftsbau  
e. V. FLL (Hrsg.): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Selbstverlag, Bonn
- [8] HENKELMANN, D. (1998): Bewertung des Baumbestandes in einem naturnahen Park und Vorschläge zur Erhaltung und Rekonstruktion am Beispiel des Marienhains in Köpenik. Diplomarbeit im Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen-Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- [9] WARDA, H.-D. (1999): Das große Buch der Garten- und Landschaftsgehölze. Bruns-Pflanzen-Verlag, 2. erweit. Auflage, Bad Zwischenahn
- [10] HEUERDING, E. (1995): Bäume in den Dachgärten von Bern. Das Gartenamt 2/95, S. 81 – 88.
- [11] ROEHR, D. (2005): Landschaftsarchitekt, Sybelstraße 47, 10437 Berlin.  
[www.landscape-architect@daniel-roehr.de](mailto:www.landscape-architect@daniel-roehr.de)
- [12] ANONYM (1992): Dictionary of Gardening. The new royal horticultural society. Band 4 R-Z. Clarendon Press, Oxford

Daniel Roehr, Landscape architect  
Sybelstrasse 47 · vorderhaus  
D- 10629 Berlin · Charlottenburg, Deutschland

Susanne Neubert  
Greifenhagener Straße 8  
D- 10437 Berlin, Deutschland  
[nanni\\_neubert@web.de](mailto:nanni_neubert@web.de)

# Living Architecture: Californian Case studies of Green roofs

**Paul Kephart, Rana Creek Restoration Habitate Centre, USA**

## Abstract

In the western U.S. where Mediterranean climates prevail, extremely wet winters and dry summers pose many green roof design challenges. While there is extensive information addressing green roof design in temperate climates, little information exists relative to plant material options, irrigation requirements, and soil composition for green roofs in Mediterranean regions. To address these regional and site-specific design challenges, an “ecological approach” to green roof design which mimics the structure, function, and diversity of healthy habitats was developed. This “ecological approach” was applied to develop living roof design solutions for our unique eco-region., as well as other site-specific urban ecology issues, such as 1) historic stormwater design challenges in San Francisco, 2) infamous air-quality issues in Los Angeles and 3) record biodiversity loss throughout California. By increasing biological diversity, allowing for seasonality, and supporting indigenous plants and insects, an “ecological approach” to design can create living roofs that are self-sustaining, regenerative, and adapted to local climatic conditions.

## Lebendige Architektur: Projektbeispiele von Dachbegrünungen in Kalifornien

Im Westen der USA, wo Mittelmeerklima vorherrscht, stellen sehr feuchte Winter und trockene Sommern grosse Herausforderungen dar für die Begrünung von Dachflächen. Trotz umfangreicher Kenntnisse zum Dachbegrünungsaufbau in gemässigten Klimazonen gibt es nur wenige Informationen bezüglich einer Pflanzenauswahl, Bewässerungsbedürfnisse, und Zusammensetzung von Substraten für begrünte Dächer in Gebieten mit Mittelmeerklima. Um regionale und der lokalen Situation entsprechende Begrünungsaufbauten einsetzen zu können wurde eine „Ökologischer Ansatz“ entwickelt, der Struktur, Funktion und Vielfalt von gesunden Biotopen imitiert. Dieser Ansatz wurde in der Folge aber auch für andere stadtökologische Wirkungsgebiete von Dachbegrünungen eingesetzt, wie zum Beispiel 1) die seit langer Zeit geforderte Regenwasserbewirtschaftung in San Francisco, 2) die massive Luftqualitätsprobleme in Los Angeles, und 3) den Rekordverlust an Artenvielfalt in Kalifornien. Durch die Förderung der Artenvielfalt, unter Berücksichtigung der Saisonabhängigkeit und der endemischen Pflanzen und Insekten kann das Konzept des „Ökologischen Ansatzes“ lebendige Dächer hervorbringen, die selbsterhaltend, regenerativ, und an lokale klimatische Bedingungen angepasst sind.

# Objektbegrünung mit interdisziplinärem Konsens

**Lutz Volkmann, Ingenieur für Bauwerksbegrünung, Zentrum für Bauwerksbegrünung, Berlin Brandenburg e.V., Deutschland**

## Abstract

Die gesamte Objektbegrünung ist hier eine ansprechende und abwechslungsreiche Bereicherung des innerstädtischen Umfeldes dar und hat mit seinem nun bereits fast 12-jährigen Bestand sein Ziel erreicht, die Darstellung einer beispielhaften Bauwerksbegrünung. Dauerhafte Objektbegrünungen können nur gelingen, wenn die Vorstellungen der Beteiligten auf einen Nenner gebracht werden, ohne dabei das gemeinsame Ziel aus den Augen zu verlieren. Dabei spielt der frühe Einsatz einer Fachplanung für die Begrünungsmassnahmen eine ganz besondere Rolle, denn nur so können die Anforderungen des Gebäudes (der Hochbauplaner /Architekt) und die des Begrünungsaufbaus (Grünplaner/ Landschaftsarchitekt) aufeinander abgestimmt werden. Ebenso ist in der Bauabwicklung ein Konsens zu schaffen zwischen dem Dachabdichter und dem Dachgärtner, denn beide wollen Ihre Leistungen fachgerecht und dauerhaft erbringen und nur eine klare Abgrenzung und gegenseitige Beachtung der jeweiligen Anforderungen hilft in dieser Bauphase einen Konsens zu schaffen. Bei aufwendigen Objektbegrünungen die Begrünungsmassnahmen auf unterschiedlichen Gebäudeebenen und vertikalen Flächen umfassen, potenzieren sich Abstimmungsbedarf und Anforderungskatalog. An dem Gebäudekomplex des wissenschaftlichen Springer-Verlag ist diese durch eine übergreifende Begleitung der Begrünungsmassnahmen durch einen „Fach-planer für Bauwerksbegrünung“ gelungen, der das Bindeglied und gleichsam den Puffer zwischen den gewerke- und interessenübergreifenden Anforderungen und Vorstellungen darstellte und nur durch eine konsequente Bauleitung zu einer nachhaltigen und vorbildlichen begrünten Verwaltungsbau in Berlin machte.

## Vorstellung des Objektes

Die intensiv begrünte Dachgarten mit ca. 800 qm Grundfläche über dem 1. OG des Verbindungsbaues zwischen dem denkmalgeschützten Altbau und dem Neubau war ausgiebig von den Mitarbeitern als Pausenfläche zum Entspannen genutzt. Als besondere Anforderung war die 100 %ige Sicherheit bzgl. Dichtigkeit / Durchwurzelungsfestigkeit, da sich in den darunterliegenden Geschossen weltweit vernetzte tag/nachtaktive Computersysteme befinden. Über den abgetreppten Tiefgaragengeschossen 550 qm wurden die Dachflächen extensiv begrünt und über dem 5. Obergeschoss des Neubaus konnte der Bauherr überzeugt werden Begrünung statt Kies auf das Dach zu bringen (600 qm) (1. Preis im Fotowettbewerb der Berliner Morgenpost und des Architekten und Ingenieurverbandes). In den Brüstungsvorsprüngen aller Fassadenteile wurde eine Trogbepflanzung als Fassadenbegrünung geplant und mit dem enormen Aufwand von insgesamt 278 Pflanztrögen mit automatischer Bewässerungsanlage eine dauerhafte und abwechslungsreiche Vertikalbegrünung geschaffen. Besonderheiten bei der intensiv begrünten Dachgartenfläche sind die durchdachten Lösungen von Zonierung, Be- und Entwässerungskonzept, Abgrenzungen der einzelnen Vegetations- zu den Wegeflächen, Materialauswahl sowie Integration von Wartungs- und Kontrolleinrichtungen.

## Object greening with interdisciplinary consensus

Long-lasting object greenings can only succeed when the perceptions of those involved are brought to one denominator without letting the collective goal thereby out of sight. The early assignment of a technical plan for the greening measures plays an exceptional role, because the requirements of the building (the structural engineer planner/ architect) and the greening installation (green planner/ landscape architect) can only then work in harmony. Similarly, the construction process must afford consensus between the roofer and the roof gardener, since both want their performance to be professional and long-lasting. Simply a clear outline and reciprocal attention of the respective specifications helps to create a consensus in this building phase. Complex object greenings, which involve greening measures on various building levels and vertical surfaces, exponentiate the need for coordination and a catalogue of standards. On the building complex of the academic Springer-Verlag, the comprehensive monitoring of greening methods through a “technical planner for greening buildings” succeeded in demonstrating the link, and quasi the buffer, between the assembly- and the interest-spanning standards and notions, and only made the sustainable and exemplary administration building in Berlin possible through consequent site management.

## Perception of the object

The approximately 800m<sup>2</sup> intensive roof garden, above the first storey of the association building and between the preserved old building and the new building, was frequently used by employees as a break area for relaxing. A

particular specification was the 100% guarantee of impermeability/ stability against root penetration, since day/ night active computer systems of worldwide networks reside in the lower levels. The 500 m<sup>2</sup> roof surfaces of the stepped underground parking levels were greened with extensive systems, and the building owner was convinced to include a greening system instead of gravel on the roof of over the fifth storey of the new building (600 m<sup>2</sup>). This won first prize in the photo contest of the Berliner Morgenpost, and the Architects and Engineering Association. A trough planting was planned for façade greening in the parapet edges of all façade components. The enormous investment, totaling 278 plant troughs with automotive irrigation systems, achieved a stable and diversified vertical greening.

Highlights of the intensive greened roof garden surface include the well thought-out solutions for zoning, drainage and irrigation concepts, boundaries between the separate vegetation and path surfaces, material selection as well as the integration of maintenance and inspection equipment. The complete object greening presents an appealing and diversified enrichment to the inner city surroundings and, with its continued existence of almost 12 years, it has achieved its goal to demonstrate an exemplary building greening.



## **1 Einführung**

Die Planung und Entstehung einer Objektbegrünung mit einer intensiv begrünten Dachgartenanlage, extensiv begrünten terrassierten Flachflächen und einer aufwendige Vertikalbegrünung der Fassadenflächen am Verwaltungsbau des Verlagshauses „Springer Science Business Media GmbH“ am Heidelberger Platz in Berlin.

Dauerhafte Objektbegrünungen können nur gelingen, wenn die Vorstellungen der Beteiligten auf einen Nenner gebracht werden, ohne dabei das gemeinsame Ziel aus den Augen zu verlieren.

Dabei spielt der frühe Einsatz einer Fachplanung für die Begrünungsmassnahmen eine ganz besondere Rolle, denn nur so können die Anforderungen des Gebäudes, der Hochbauplanung des Architekten und die des Begrünungsaufbaus vom Grünplaner oder Landschaftsarchitekten aufeinander abgestimmt werden.

Ebenso ist in der Bauabwicklung ein Konsens zu schaffen zwischen dem Dach-abdichter / Dachdecker und dem Gartenbaubetrieb/Dachgärtner, denn beide wollen Ihre Leistungen fachgerecht und dauerhaft erbringen. Unumgänglich ist hierbei eine klare Abgrenzung und gegenseitige Beachtung der jeweiligen Anforderungen vor und während der Planungs- und Bauphase.

Das Thema ist alt ... wir kennen die Bauherren, sie wünschen sich ihr Schloss, der Architekt möchte gern sein Kunstwerk/Lebenswerk darin verwirklichen, doch letztendlich ergibt sich unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen, bauordnungsrechtlicher, bautechnischer und oft auch finanzieller Art, ein Standard-Haus oder Haus von der Stange, das aber dennoch für jeden Beteiligten einen Teil seiner Vorstellungen und Individualität verwirklicht.

Bei dem Gründach verhält es sich etwas anders ... bei der Grünplanung erwartet der Bauherr eine grüne Oase, einen Dschungel - was ihm letztlich auch durch die Werbung suggeriert wird - der Landschaftsarchitekt ein Kunstwerk aus Form Vegetationsvielfalt und ein Ergebnis .... das hier aber durch die baulichen Voraussetzungen so eingegrenzt wird, so dass der Schwerpunkt auf einem durchdachten Konzept und einer individuell angepasste Planung bis ins Detail zwischen den beiden Disziplinen der Bautechnik und der Vegetationstechnik liegen muss ... so dass ein Konsens geschaffen wird, der ein dauerhaft begrüntes Gebäude zulässt, das bei fehlen einer der beiden Ebenen viel zu leicht ins Kippen geraten kann und wie ein Kartenhaus oder eine vertrocknete Pflanze in sich zusammenfallen kann.

Damit dies nicht geschieht, sind weltweit Fachleute, Experten, Ausführende qualifizierte Fachbetriebe und kreative Produkthersteller präsent, die durch Erfahrungsaustausch das Know-how der Bauwerksbegrünungstechnik vermitteln wollen und an positiven Begrünungsobjekten darstellen wollen.

Bei aufwendigen Objektbegrünungen, bei denen Begrünungsmassnahmen auf unterschiedlichen Gebäudeebenen und vertikalen Flächen integriert werden müssen, potenzieren sich Abstimmungsbedarf und Anforderungskatalog an den Hochbau und an die Vegetationstechnik. Besonders wichtig ist hier, dass die Grundvoraussetzungen geschaffen werden und diese frühzeitig bei der Gebäudeplanung berücksichtigt werden. Relevante Grundlagen sind u.a. die statischen Voraussetzungen, die Gebäudegeometrie, die Ausrichtung der Flächen und technischen Voraussetzungen, wie die Entwässerungstechnischen Möglichkeiten und andere Planungs- und Entscheidungsparameter.

## **2 Verlagshauses der „Springer Science + Business Media GmbH“**

An dem Gebäudekomplex des Verlagshauses der „Springer Science + Business Media GmbH“, ehemals kurz als „wissenschaftlichen Springer-Verlag“ bezeichnet, in Berlin-Wilmersdorf am Heidelberger Platz, ist es mit einer interdisziplinär übergreifenden Begleitung und Planung der Begrünungsmassnahmen durch mein Büro als „Fachplanung für Bauwerksbegrünung“ gelungen, das Bindeglied und gleichsam den Puffer zwischen den gewerke- und interessenübergreifenden Anforderungen und Vorstellungen umzusetzen und durch eine konsequente Projektsteuerung das Objekt zu einer nachhaltig und vorbildlichen begrünten Verwaltungsbauten in Berlin zu machen.

Bei der Auftragserteilung wurde festgeschrieben, dass es sich zum einen um die Gestaltung eines für die Mitarbeiter genutzten Dachgartens und zum anderen um die Integration der Begrünung auch andere Gebäudeflächen, wie der Fassadenflächen und der Nebendachflächen handelte. Die Ausführung der Rohbaumaassnahmen hatte begonnen und die Anforderungen, die eine Dachgartenanlage bereits in der frühen Phase bei der Auslegung des Baukörpers hätten berücksichtigt werden können, waren gänzlich unberücksichtigt gelassen worden z.B. die entwässerungstechnisch notwendigen Öffnungen und Durchführungen, die gebäudegeometrischen Anbindungspunkte zu den benachbarten Baukörpern ... der Dissens zwischen Architekt und dem Bauwerksbegrüner war vorprogrammiert.

In einem massiven Schnelldurchgang mussten statischen Forderungen den hochbauplanerischen Gegebenheiten angepasst werden, gefälleorientierte Flächen bereits auf der Rohbaufläche angelegt werden und die ersten Grundvoraussetzungen schnell geschaffen, besser durchgesetzt werden. Der Bauwerksbegrüner machte sich nicht gerade beliebt, denn neben den allgemeinen üblichen bautechnischen Themen in den Bausitzungen standen grüne Themen eher hinten an und mussten nun durchgesetzt werden. Ein erster Konsens musste geschaffen werden (kubischer Rohbau zur Hügellandschaft)

Bei der Planung wurden die gewünschte Flächenbilanz der vorgefundenen Gebäudeausrichtung abgeglichen, um mehr oder weniger gut ausgerichtete Flächen zu erfassen. Besonnung und Verschattungsgrad, höhere oder untere Geschosslage bei der Fassadenbegrünung und die Wetterorientierung, sowie durch Schneisen mögliche Windeinwirkungen mussten erfasst und ausgelegt werden.

Daraus ergaben sich dann schliesslich die bautechnischen und damit auch das vegetationstechnischen Begrünungspotential, dass bei einer Gesamtdachfläche von fast 2000 Quadratmeter (qm) und einer zu begrünenden Fassadenfläche von über 2500 qm lag. Die bautechnischen Möglichkeiten waren erst durch die statischen Gegebenheiten des Baukörpers eingeschränkt, die hier glücklicherweise noch berücksichtigt werden konnten. Die vegetationstechnischen Einschränkungen liegen in der Regel bei dem Gesamtschichtaufbau, bei der Vegetationsstärke und den gebäudegeometrischen Voraussetzungen, der Ausrichtung, dem Besonnungsgrad und Windexposition. Unterstützt wurde man hingegen durch die bauplanungsrechtliche Forderungen mit begrünten Flächen am Gebäude Ersatzflächen für die Überbauung des Grundstückes zu schaffen.

Bevor man bei der Planung sich mit den Anforderungen auch an die Baustoffe und zu verwendenden Materialien auseinandersetzt, ist der Nutzungsgrad der zur Verfügung stehenden Flächen einzugrenzen und zu hinterfragen. Welche Zuwegungen, Fluchtwegzugänge, Anbindungen zu den angrenzenden Gebäuden sind zu schaffen? Wird mit grösseren Aufenthaltsbedarf Fest und Versammlungen gerechnet oder nur mit dem Aufenthalt zum Entspannen und Ausruhen? Welche zusätzlichen Bauteile sind zu berücksichtigen, Sitzmöglichkeiten, Wasserflächen, Kunstwerke, Pergolen, und sonstige Aufbauten? Hier muss ein rundes Konzept geschaffen werden, mit dem die Vorgaben für die verwendbaren Baustoffe und auch Produkte festgelegt wurden. Am Bauwerksbegrünungsmarkt stand zu dieser Zeit nicht für jedes Detail ein Bauteil zur Verfügung.

Nicht zuletzt ist es Aufgabe des Planers, dem Bauherrn die Baukosten und Wirtschaftlichkeit aufzuzeigen, was nicht nur die Auswahl der zu verwendenden Produkte begrenzt, sondern auch die Notwendigkeiten aufzeigt, wie bewässerungstechnische Anlagen, Pflege- und Wartungskosten und auch sicherheitsrelevante Bauteile und Einrichtungen. Doch um nicht den Bautechniker in den Vordergrund zu heben, Grundvoraussetzung für einen Dachgarten ist letztendlich eine anhaltend intakte Vegetation und damit die Grundlagen des Lebens und Licht / Wasser / Erde zu schaffen.

Um diese nun auf die Dächer zu bringen sind qualifizierte Planer, Anwender und Ausführende gefragt, die motivierte Bauherren bei der Realisierung Ihrer Grünen Oase sachkundig unterstützen.

### **3 Vorstellung zum Dachgarten des Springer-Verlages**

Kernstück des Objektes ist der intensiv begrünte Dachgarten mit ca. 800 qm Grundfläche über dem zweigeschossigen Verbindungsbaues zwischen dem denkmalgeschützten viergeschossigen Altbau und dem siebengeschossigen Neubau. Er soll ausgiebig von den Mitarbeitern als Pausenfläche zum Entspannen, Verweilen, Erholen genutzt werden und ein Stück Natur mit Abstand zu den hochtechnisierten tristen Büroräumen bieten. Als besondere Anforderung stand die hundertprozentige Sicherheit in Bezug auf Dichtigkeit und Durchwurzelungsfestigkeit, da sich in den darunterliegenden Geschossen weltweit vernetzte tag/nacht-aktive Computersysteme/Serveranlagen befinden. Eingebunden in die Nutzflächen wurden Rankpergolen mit Sitzmöglichkeiten sowie Umrandung hässlich anzublickender technischer Aggregate wie die beiden 4,5 m hohen Abluftöffnungen. Zu den Gestaltungselementen zählte auch eine Teichanlage mit den erforderlichen jedoch versteckt angeordneten Filter- und Pumpenaggregaten.

Über den abgetreppten Tiefgaragengeschossen mit einer Fläche von ca. 550 qm wurden die Dachflächen extensiv begrünt. Über dem obersten Geschoss des Neubaus konnte der Bauherr überzeugt werden, eine kostenneutrale Begrünung statt eines nutzlosen Kiesdaches auf ca 600 qm anzulegen. (1. Preis im Fotowettbewerb der Berliner Morgenpost und des AIV Architekten und Ingenieurverbandes). Auch hier wurde gebäudetechnische Anlagen und dem modernen Kommunikationswesen Rechnung getragen und Antennenanlagen ergänzt. Als größtes Flächenpotential

galten die Fassadenfläche – mit 2500 qm in blechverschalter Verbundung und über 5 Geschosse vorstehenden Trogbereichen.

In den Brüstungsvorsprüngen aller Fassadenteile wurde eine Trogbepflanzung als Begrünungskonzept geplant und mit dem enormen Aufwand von insgesamt 278 Pflanztrögen mit automatischer Bewässerungsanlage eine dauerhafte und abwechslungsreiche Vertikalbegrünung geschaffen. Besonders verbunden damit waren die für Wartung und Pflege notwendigen Wartungsgänge Anseilmöglichkeiten und besonders die Be- und entwässerungstechnischen Einrichtungen.

### **3.1 Der Dachgarten - Frage nach dem Systemen**

Die Abdichtung der Dachfläche wurde mit DIN entsprechendem bituminösen Schichtenaufbau gewählt mit einer zusätzlichen Lage aus bitumenverträglicher hochpolymerer Wurzelschutzbahn, die nach dem FLL-Verfahren auf Durchwurzelungsfestigkeit zertifiziert wurde.

Wichtige Argumente für diesen Schichtaufbau waren der doppelte Schutz als Abdichtungsaufbau, eine weiche flexibel Oberlage, die auch neben der guten Verarbeitung an den aufgehenden und durchdringenden Bauteilen als besonders geformte Sonderanfertigungen den Anforderungen an z.B. an den Zugängen in mehreren Ebenen verspringenden genügte und materialsicher eingesetzt werden konnte. Die produktseitige Gewährleistung über 10 Jahre auf Durchwurzelungsfestigkeit war ein zusätzliches Argument für den Bauherrn sich die Sicherheit etwas kosten zu lassen. Wir haben trotz des massiven Wurzelaufkommens bis heute keine Durchwurzelung der obersten Lage feststellen können (haben den Vegetationsschichtaufbau jedoch auch nicht aufnehmen müssen)

Für den Vegetationsschichtaufbau haben wir einen mehrschichtigen Aufbau mit Drainageschicht aus mineralischem Schüttstoff und Dachgartensubstrat entsprechend den FLL-Richtlinien vorgezogen, um ganz gezielt abgegrenzte Wasserspeicherflächen anlegen zu können, eine Systemabhängigkeit haben wir nicht geschaffen, sondern individuell ausgewählte Werkstoffe verwendet, die den jeweiligen Standorten genühten und sinnvoll und sicher aufeinander abgestimmt wurden.

### **3.2 Bauteile / Details**

Vorgaben für die Planung waren die Zugangsmöglichkeiten zum Altbau, zum Neubau und zu einer Nottreppe, sowie eine einer Zonierung orientierten Gefällesituation, die neben der Flächengliederung auch der Lage der statisch tragenden Stützelementen in dem darunterliegenden Geschoss gerecht wurde, da hier ein Verzug unterhalb der Decke im Innenraum wegen der computertechnischen Einrichtungen untersagt wurde und nur vertikale Direktentwässerungsmöglichkeiten vorgegeben wurden.

Die Zonierung sorgte dann im gesamten Schichtaufbau durchgehend für eine Eingrenzung und Abschottung der Entwässerungsbecken mit jeweils zwei ausreichend dimensionierten Entwässerungseinläufen, deren Grenzen sich bis nach oben zur Gliederung der Nutzungsflächen (Wegeeinfassungen, zu Vegetationsflächen) widerspiegelte. Sinn liegt hier auch in der Möglichkeit der Eingrenzung von Teilflächen bei der Fehlersuche bei Undichtigkeiten. In der Planung der Vegetationsflächen wurde entschieden, welche Standorte für Gehölze, Stauden und Wiesenflächen geeignet waren, sodass für die aufwendigeren, anspruchsvolleren und durstigeren Gehölze besondere Anstaubereiche mit Schwimmersteuerung reguliert angelegt wurden, die über Schlaufen in den Flächen oder Einfassungssteine an den Beckenrändern und zu entleerende und regulierbare Überläufe abgegrenzt wurden.

Auch hier war oberhalb der Drainageebene die mit Geotextilvliesgewebe abgetrennt wurde die technische Installation netzartig angelegt, die Versorgungsleitungen für die Schwimmersteuerung aber auch ein Netz mit Elektroleitungen vorsah, dass später Beleuchtungseinrichtungen, Pumpen und Filteranlagen versorgen sollte. Schutzmassnahmen und Verlegepläne sind wesentliche Bestandteile der späteren Dokumentation und der Wartungsunterlagen.

Pflege- und wartungsintensive Bauteile, wie Schwimmersteuerungen, Regulierungsventile und auch die Zugänglichkeit der Entwässerungseinrichtungen, wie Dacheinläufe wurden hier konzeptionell mit runden und quadratischen Kontrollschächten angelegt, um spätere Wartungsgänge und Pflegemassnahmen mit einer gewissen Logistik zu ermöglichen.

Die Flächen gliedern sich in reine Vegetationsflächen, Wegeflächen, Teichflächen und Wartungsstreifen und Flächen für Sonderaufbauten. Die Teichanlage wurde als kleiner zentraler Platz mit Wasserspiel angelegt, mit Pumpen-Filteranlage sowie Sprudelstein versorgt und mit regionalheimischem Rüdersdorfer Sandstein eingefasst. Der Wegebelag mit dem entsprechenden Unterbau mit Ziegelbruchpflaster fast mosaikartigen kleingliederig ausgeführt, Die Flächenabgrenzung schmiegt sich einerseits weich in die Grünflächen übergehend geschwungen an den Kanten entlag und andererseits stösst sie gradlinig mit Lavakron-Kantensteinen hart an den Vegetationsflächen.

BV Springer-Verlag / Springer Science Business Media GmbH DATENBLATT		
Ausführung :	Februar – August 1993	
Flächengliederung :		
<b>Dachgartenfläche</b>	<b>Intensive Dachbegrünung</b>	<b>ca. 800 qm</b>
Gliederung	60% Vegetationsflächen / 40% Nutzflächen (Wegeflächen, Teichanlage, Technischen Aggregate)	
Schichtaufbau	Mehrschichtiger Aufbau aus mineralischer Schüttung als Drainage und Wasserspeicherschicht mit Anstauschwellen und Substrat aus Bodengemisch mit mineralischem und organischen Zuschlagstoffen	
Lastannahmen	unterschiedliche Aufbaustärken	<b>4 - 7,5 KN/m²</b>
Vegetation	Gehölze, Stauden und Rasenansaat Wildblumenwiese	
<b>Terrassierte Dachflächen</b>	<b>Extensivbegrünung</b>	<b>ca. 550 qm</b>
Schichtaufbau	Mehrschichtiger Aufbau teils angehängelt aus mineralischer Schüttung als Drainage und Substrat aus Schüttstoffgemischen mit geringem organischen Anteil	
Lastannahmen	unterschiedliche Aufbaustärken	<b>2 - 2,5 KN/m²</b>
Vegetation	Rasenansaat / Wildblumenmischung Mit Staudenhügeln	
<b>Dachfläche über 5.OG</b>	<b>Einfache Extensivbegrünung</b>	<b>ca. 600 qm</b>
Schichtaufbau	Einschichtiger Aufbau aus mineralischer Schüttstoff	
Lastannahmen	dünnschichtiger Aufbau statt Kies	<b>1,8 KN/m²</b>
Vegetation	Pflanzung Kleinballen und Sprossensaat Sedum / Kräuter-Vegetation	
<b>Fassadenbegrünung</b>	<b>mit 276 Brüstungströgen</b>	<b>ca 2000 qm</b>
Trogabmessungen	120 - 150 m x 50 x 70	
System	mehrschichtiger Aufbau mit Wasseranstau u. Schwimmersteuerung	
Vegetation	Koniferen und jahreszeitlich wechselnd blühende Stauden	

Planerisch und technisch anspruchsvoll zu lösen war auch die Anlage der Pergolen, die Form bedingt eine stabile Konstruktion darstellten, andererseits aber trotzdem durch ausreichende hier oberhalb der Abdichtungsebene aufgesetzten Betonfundamente seine Stabilität erhalten musste. Die Rankbekleidung der Abluftaggregate wurde durch Stützen und mattenartige Flächen aus Kunststoff ummantelten Fieberglassstäben ausgebildet.

Wesentlich bei der Planung ist auch die Verwendung von Baustoffen und Bauteilen, die mehrere Funktionen erfüllen können, wie hier z.B. der Kanteneinfassungstein, der einerseits die Beckenkante eingrenzt, die seitliche Aufkantung des Beckens aufnimmt (Bauteil bedingt optimal durch Anschrägung der einen Seite) eine Durchführung der Leitungen oder Entwässerungseinrichtungen zulässt und gleichzeitig oberhalb eine formschöne Kantenausbildung und Abgrenzung der Flächen darstellt.

Dies sei hier auch betont, die Planung von Begrünungsmassnahmen erfordert eine Kenntnis der am Markt angebotenen Produkte und Neuheiten, vor 12 Jahren war der Markt nur begrenzt und einzelne grosse Produkthersteller hatten für jedes Detail ihre Lösung mit eigenen Bauteilelementen, heute ist der Markt aufgefüllt, der eine bietet Systeme an, der andere hat sich auf den Vertrieb von Einzelbauteile, Baustoffe oder nützlichen Produkten für Details

spezialisiert, so kann auch experimentiert werden, die Planer muss diese Bauteilvielfalt nutzen und wie beschrieben die Integration durch Einbau sinnvoller Bauteile in sein Konzept forcieren.

### **3.3 Die Realisierung**

Genauso wie bei der Planung ist auch bei der Ausführung die Berücksichtigung der baulichen, örtlichen Gegebenheiten zu beachten. Neben der zeitlichen Abwicklung ist der Fachplaner auch dafür verantwortlich, dass die Schwachpunkte der einzelnen Bauteile und Flächen erkannt und ausreichend geschützt werden, Massnahmen getroffen werden, Beschädigungen zu minimieren und geeignete Vorkehrungen zu schaffen. Dies gilt insbesondere auch für die Schaffung geeigneter Zuwegungen, Anliefer- und belastbarer Lagerflächen und Verteilungsflächen, ausreichende Schutzbeläge /Bautenschutzmatten für zu erwartende beanspruchte Flächen. Dazu kommt das Ziel vermeidbare Schadensquellen auszuschliessen, wie scharfkantige Materialien oder Restwerkstoffe, (auch Kronkorken, Blechabschnitte, Befestigungsmittel, aber auch Zigarettenkippen mit Glut) von der Dachfläche fernzuhalten.

Bei der Ausführung erwartet uns gerade im Ablauf der Abdichtungs- und Begrünungsarbeiten eine Schnittpunkt, der einer sauberen Abgrenzung bedarf. Die Leistung des Dachabdichters ist zu prüfen und abzunehmen, bestenfalls mit Reissnagelprobe, Wasserprobe mit eingefärbtem Wasser und optische kritische Material- und Nahtprüfung. Erst nach der Abnahme der Abdichtung, hat der Garten- und Landschaftsbaubetrieb die Vorleistung zu übernehmen und unter ausreichenden Schutzmassnahmen sein Leistungspaket aufzubringen. Hier ist ein weiterer Konsens der beteiligten Disziplinen notwendig.

### **3.4 Extensiv begrünte Dachflächen**

Die terrassierten Flächen hinter dem Neubau oberhalb der Tiefgaragendecken wurden mit einer extensiv begrünten Schichtaufbau ergänzt und die Anbindung an den gewachsenen Boden hergestellt. Die beiden weit auseinander liegenden Dacheinläufe wurden hier mit Gefälledämmung trichterförmig ausgelegt, auch zwischen den Einläufen wurden rautenförmige Keile eingelegt, um eine geregelten Wasserabführung zu ermöglichen und einen hier unerwünschten Wasseranstau zu verhindern.

Grün statt Kies hiess auch über dem Obersten Geschoss des Neubaus die Devise, hier konnte man den Bauherrn überzeugen und ein einschichtige mineralische Schüttung mit einer Pflanzung von Kleinballen wurde hier ein abwechslungsreiches Vegetationsbild in dünn-schichtiger Bauweise hergestellt. Die abdichtungstechnische Anbindung der Füsse der technischen Aggregate wie Klimaanlage und Lüftungsgebläse, aber auch die Einbindung von Funk-Antennenmasten stellen für den Dachabdichter erhöht Anforderungen. Was aber für die Abgrenzung der Vegetationsflächen keine Rolle spielte, sie schlängeln sich durch die offenen Teilflächen und sind durch Kiesstreifen voneinander sauber getrennt.

### **3.5 Planung**

Wichtig für Bauwerksbegrünung ist in der Planung und Ausführung ist auch die Dokumentation, sowie ein ausreichend abgestimmtes Wartungs- und Kontrollkonzept. Die zahlreichen technischen Anlagen müssen plantechnisch erfasst und auffindbar gekennzeichnet oder durchnummeriert in Wartungsplänen wiedergegeben sein. Das Wartungskonzept muss dem Bauherrn Pflege- und Wartungsintervall vorgeben und sollte auch fachplanerisch weiter begleitet werden bis sich eine ausreichende Routine eingestellt hat, die eine Dauerhaftigkeit und den Erhalt der Anlage ermöglicht.

### **3.6 Fassadenbegrünung**

Wer Tröge plant muss sich auch über eine ausreichend dimensionierte Entwässerung kümmern. Betonierte Trogbereiche ohne Ausrichtung eines Gefälles werden versintern und nicht dauerhaft funktionsfähig erhalten bleiben. Das Thema der Entwässerung war mit der Verwendung von Direkteinläufen gut geplant, die Gefälleausbildung bei der Hochbauplanung unberücksichtigt. Nachträglich ein dünn-schichtiges Gefälle einzubringen ist fast unmöglich aber erforderlich,

So auch hier, Die Aufstellung von 278 Pflanztrögen (je zwischen 120 und 150 Länge, 50cm Breite und 70 cm Tiefe war sicher, die Entwässerungseinrichtungen mussten erst geschaffen werden. Nur mit modernen auf Harzbasis entwickelte Spachtelungen konnten das Mindestgefälle herstellen werden

Der Transport der Gefässe war nur unter der Nutzung der in Betrieb befindlichen innen Räume zu realisieren, die Aufstellung auf Gummipuffern und die anschliessende Befüllung dagegen verhältnismässig einfach.

Als Bewässerungseinrichtung fungierte eine Schwimmersteuerung (wie aus den typischen WC-Spülkästen) und sorgte für eine ausreichende Wasserversorgung der Einzelgefässe,

Die Lage der Tröge am Gebäude z. B. im oberen Geschoss machte eine erhöhte Versorgung notwendig, da bei starker Sonneneinstrahlung und starker Konvektion ein erhöhter Wasserbedarf notwendig wird.

Wegen regelmässiger Funktionsstörungen der Schwimmer wurde später eine Tropfenbewässerung angelegt, die sich als wesentlich wartungsexensiver darstellte. Neben der Pflanzgefässen wurde ein Wartungsgang aus Gitterrosten angelegt, der den Zugang für Wartungspersonal ermöglichte und die Reinigung der Einläufe möglich machte. Als zusätzliche Sicherheitseinrichtungen wurde unterhalb der Tröge Laufschiene-Sicherheitssystem zum Anseilen angeordnet.

Auch wenn die Planung perfekt erscheint, oft werden die unter Unvorhergesehenes auftretenden Ereignisse interessant und leider erst bei der Planung des nächsten Bauobjekts Berücksichtigung finden können. Hier stellte sich als Problem der in den Trögen brütenden Vögel (Tauben und Enten!), die ihre Brut verloren, weil die Küken zwischen den Gittern durch fielen.

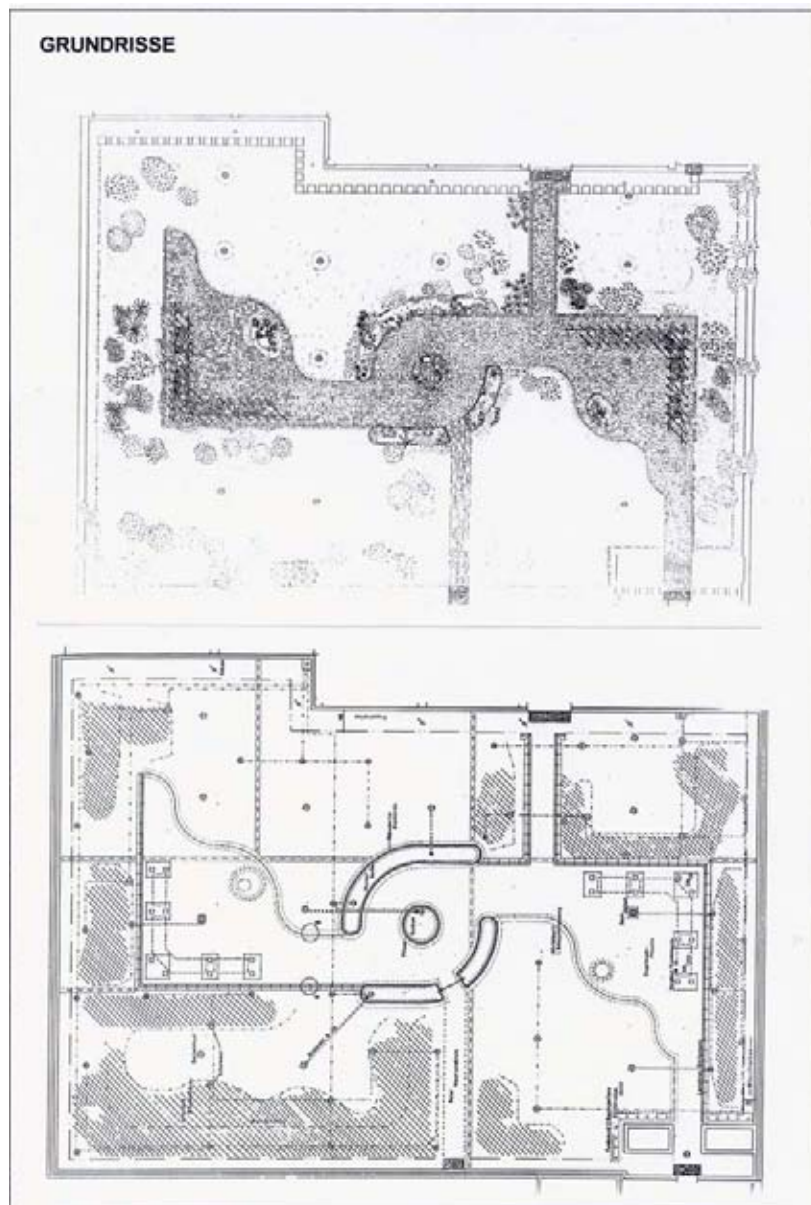
Vegetationstechnische Herausforderung war hier die Auswahl der Pflanzen. Nur Koniferen bieten ohne Zweifel ein dauerhaftes auch wintergrünes Bild, stellen aber kein optische Bereicherung einer bepflanzten lebhaften Fassade dar, sondern zeigen eher den Parkhauscharakter. Die Gebäudegeometrie spielte hier eine besondere Rolle, verschattete Bereiche, stark besonnte Flächen in den oberen Geschossen und starkwindige Abrisskanten waren Einflussfaktoren durch die Pflanzenauswahl partiell eingeschränkt war.

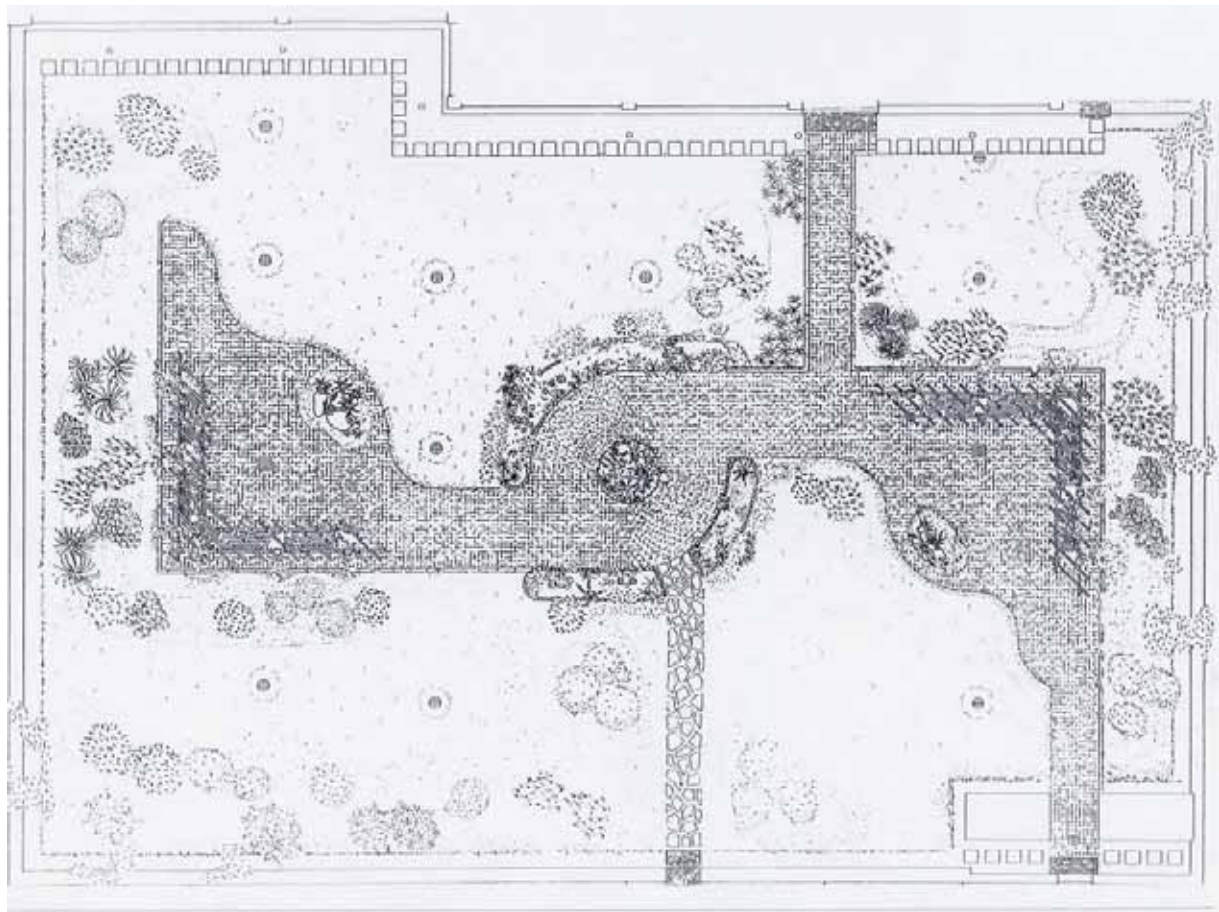
Die Haupt und Unterpflanzung wurde angepasst und stellt heute ein abwechslungsreiches und im jahreszeitlichen Wechsel blühendes Fassadenbild dar. Die Pflege und der Aufwand für jährlich blühende Einzelbepflanzen ist relativ hoch anzusetzen, ist aber vom Bauherrn gewünscht und wird gern in die Planung und Wirtschaftlichkeitsberechnung miteinbezogen.

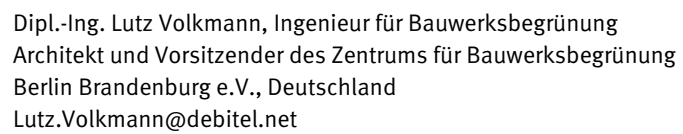
Einen interdisziplinären Konsens zu schaffen stellt die Zielstellung der Begrünungsmassnahme dar. Während sich alle Beteiligten über ihre Funktion oder Disziplinen definiert auf eine realisierbare Leistungserbringung verständigen müssen, so muss gleichzeitig aus bautechnischer und vegetationstechnischer Sichtweisen eine allen Anforderungen genügende Planungsgrundlage geschaffen werden. Unter Zusammenführung der planerischen und ausführungstechnischen entwickelten Wege muss sich wie ein roter Faden durch die Gesamtmassnahme winden und den Erfolg der Gesamtmassnahme im Konsens aller Faktoren dauerhaft sicherstellen. Der biologische Rhythmus von Mensch Natur und Umwelt muss hier seine Umsetzbarkeit widerspiegeln und kann damit ein wieder erfolgreiches Begrünungsobjekt in den Mittelpunkt der Öffentlichkeit rücken.

Als Fachplaner für Bauwerksbegrünung (ehemals Geschäftsführer der FBB Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.) und jetziger Vorsitzender des Zentrum für Bauwerksbegrünung Berlin Brandenburg (Zusammenschluss von Planern und Ausführenden Fachleuten und Experten aus der Bauwerksbegrünung) ist es mir gelungen, eine Vielzahl Berliner Dächer im Konsens mit Architekten und Landschaftsplanern nachhaltig begrünten Grüne Oasen über Berliner Dächer zu realisieren und meinen Beitrag zur Grünen Lunge unserer Stadt zu leisten.

## 4 Dokumentation: Foto- und Planmaterial







# Novartis Campus – Landschaftstransformation auf die neue Stadt des Wissens in Basel

Stephan Brenneisen, Fachstelle Dachbegrünung Hochschule Wädenswil, Schweiz

## Abstract

Die Begrünung von Dächern ermöglicht eine planerische Transformation landschaftlicher und naturräumlicher Qualitäten in Architektur und Städtebau. Ein praktisches Beispiel hierzu ist die Dachbegrünung des *Forum 3-Gebäudes* des Architekturbüros Diener im neuen Novartis Campus in Basel. Ausgangslage zum Habitatskonzept waren wissenschaftliche Arbeiten des Geographischen Instituts der Universität Basel, welche eine stetige Besiedlung begrünter Dachflächen durch seltene und gefährdete Pflanzen- und Tierarten nachweisen konnten. Adäquate Planung und Gestaltung einer Dachbegrünung erwiesen sich als Schlüsselfaktoren für die Entwicklung eines naturnahen Ersatzhabitates für die lokale Flora und Fauna.

Entsprechende Vorgaben zur Materialisierung und Ausführungsgestaltung von Dachbegrünungen werden in Basel als Richtlinien für die Bauausführung festgelegt. Basis dazu lieferten das Bau- und Planungsgesetz sowie das Natur- und Landschaftsschutzgesetz des Kantons Basel-Stadt, in welchem Neubauten mit Flachdächern mit lokalen Bodensubstraten begrünt werden müssen. Das Konzept für die Begrünung des *Forum-3-Gebäudes* wurde aus Untersuchungen auf Musterdachbegrünungen wie dem Rossetti-Bau und dem Peter Merian-Haus in Basel abgeleitet. Hier wurden verschiedene Bodensubstrate in ihrer Eignung zur Begrünung von Dachflächen hinsichtlich ihrer Vegetationsentwicklung und Besiedlung durch Spinnen und Käfer untersucht. Zur Ausführung gelangte eine zweischichtige Ausführung von Substraten aus sandigem Kies sowie aus Dachgartenerde. Die Dachvegetation soll eine Kontinuumsfläche zwischen einer spärlich bewachsenen Kiesfläche bis zur dichter bewachsenen Auenwiese ergeben.

## Novartis Campus – Landscape transformation onto the new City of Knowledge in Basel

The greening of roofs offers the planned transformation of landscape- and natural qualities into architecture and urban planning. An applied example of this is the green roof on the Forum-3 Building of the Diener Architecture Office, located on the new Novartis campus in Basel. Scientific studies by the Geographic Institute of the University of Basel represented the starting point of the habitat concept, which could verify the continuous colonization of greened roof surfaces by rare and endangered plant and animal species. Adequate planning and design of the green roof proved to be a key factor for the development of the near-natural habitat replacement for local flora and fauna. The established guidelines for building specifications in Basel served as corresponding guidelines for the use of substrates and installation configuration of green roofs. The basis thereunto was furnished by the Construction- and Planning laws, as well as Nature- and Landscape Conservation Laws of the Canton Basel Stadt, by which new buildings with flat roofs must be greened with local soils. The concept for the greening of the Forum-3 Building was derived from studies on test green roofs like the Rossetti-Bau and the Peter Merian-Haus in Basel. There, various soil types were studied for their suitability as green roof substrates with respect to their vegetation development and colonization by spiders and beetles. For the green roof of the Forum-3 Building a two-layered design of sandy gravel as well as roof garden soil was developed. The roof vegetation should result in a continuous surface, between a sparsely grown gravel surface up to densely grown floodplain meadow.

## 1 Einleitung

Mit der Begrünung von Dächern ergeben sich heute neue Möglichkeiten für eine planerische Transformation landschaftlicher und naturräumlicher Qualitäten in Architektur und Städtebau. Innerhalb des Überbauungsprojekts *Novartis Campus* in Basel lässt sich anhand der Begrünung des Forum-3-Gebäudes aufzeigen, wie diese Umsetzung basierend auf dem lokalen Planungsrecht des Kantons Basel-Stadt erfolgt. Das Forum-3-Gebäude des international renommierten Architekturbüros Diener & Diener ist der erste realisierte Bau im neuen Campus-Areal



**Abb.1** Forum-3-Gebäude des Architekturbüros Diener & Diener (Foto: Novartis).

Ausgangspunkt des Projektes sind die Ergebnisse einer vierjährigen Untersuchung des Geographischen Instituts an der Universität Basel (Brenneisen 2003). Sie zeigten ein breites Spektrum der Artenvielfalt auf begrünten Dachflächen. Erfasst wurden dabei ältere Dachbegrünungen (ca. 20-jährig), jüngere Systembegrünungen sowie spezifisch eingerichtete Versuchsdachbegrünungen. Zur Analysierung und vergleichenden Beurteilung der Habitatsqualität der unterschiedlichen Dachbegrünungsformen wurde die Spinnen- und Käferfauna sowie Aktivitäten von Vögeln erfasst. Erstaunlicherweise - und im Kontrast zu früheren Untersuchungen - konnten sogar zahlreiche als selten und bedroht geltende Arten aus Roten Listen Deutschlands und der Schweiz nachgewiesen werden. Adäquate Planung und Gestaltung einer Dachbegrünung erwies sich als Schlüsselfaktor zur Implementierung von grundsätzlichen Vorgaben des Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung in die Baupraxis.

Die neuartigen Befunde konnten auf den im Vergleich zu früheren Untersuchungen deutlich erhöhten Erfassungsaufwand zurückgeführt werden sowie auf den Einbezug von spezifisch eingerichteten Dachbegrünungen. Die Forschungsarbeiten in Basel haben insbesondere auch aufgezeigt, wie einige Arten der ehemaligen Flussauen des Rheines auf begrünten Dachflächen Ersatzlebensräume finden können. Hinweise konnten darüber hinaus die Untersuchungen zur Nutzung von Dachbegrünungen durch Vögel für Projekte und Förderprogramme in Grossbritannien geben. Hier sollen die Begrünungen von Dachflächen speziell der Förderung bedrohter Vogelarten dienen (Gedge 2002, Frith & Gedge 2000).

Seltene und gefährdete Arten sind oft stenöke Arten, d.h. Arten, welche eine hohe Bindung an einzelne Habitatstypen und spezifische Ansprüche an den Lebensraum aufweisen. Sie sind besonders betroffen von der weitgehenden Zerstörung ihrer natürlichen Lebensräume wie beispielsweise Flussauen. Durch die Intensivierung der Landwirtschaft (Drainage und Trockenlegung ehemaliger Feuchtgebiete), durch Infrastrukturbauten (Hochwasserschutz, Strassenbau) sowie generell durch die Siedlungsausdehnungen in den verkehrs- und siedlungstechnisch günstig gelegenen Tallagen wurden die ehemaligen Flussauen quasi systematisch eliminiert. Aufgrund der nachgewiesenen Präsenz von vitalen Populationen von gefährdeten Arten erlangen begrünte Dachflächen eine neue, höhere Bedeutung für den Arten- und Naturschutz. Die Künstlichkeit der Natur auf dem Dach muss einerseits durchaus als evident bezeichnet werden – andererseits aber auch als vordergründig. Weil einmal begrünte Dachflächen in der Regel sich über Jahrzehnte selbst überlassen werden, können dynamische Prozesse der Besiedelung und Lebensraumentwicklung über längere Zeiträume ungestört erfolgen und offensichtlich wohl auch dadurch, gefährdeten Arten neue Lebensraumoptionen bieten.

Ein weiteres Schlaglicht hinsichtlich der Bedeutung von begrünten Dachflächen als transformierte Bodenstandorte ergab sich durch ausserordentliche Funde auf ca. 100 Jahre alten, begrünten Dächern des Seewasserwerks „Moos“ in Wollishofen (Zürich) (Landolt 2001). Der Geobotaniker Elias Landolt fand auf diesen „Dachwiesen“ 175 Pflanzen-, darunter neun Orchideenarten, die im östlichen Schweizerischen Mittelland als selten und gefährdet gelten. Auch hier zeigt sich, wie die nahezu unbeeinflusste Lage auf einem Dach die Entwicklung eines Refugialstandortes bewirkte. Nebst dem alljährlichen prachtvollen Anblick einer in weitem Umfeld nicht mehr bekannten Fülle von 10'000 Orchideen, konnte insgesamt hier die Erhaltung der Biodiversität ehemalig artenreicher Feuchtwiesen der Umgebung erreicht werden. Elias Landolt schlägt sogar einen kantonalen Schutz dieser Flächen vor.

## 2 Vorgaben des Bau- und Planungsgesetzes sowie des Natur- und Landschaftsschutzgesetzes des Kantons Basel-Stadt

Die Forschungsergebnisse zum ökologischen Ausgleichspotenzial von begrünten Dachflächen wurden in Richtlinien zur Ausführung von begrünten Dachflächen im Kanton Basel-Stadt umgesetzt. Die Vorgaben leiten sich einerseits aus dem Bau- und Planungsgesetz des Kantons Basel-Stadt (BPG § 72) ab, welches bei Neubauten mit Flachdächern seit dem Jahr 2002 eine extensive Begrünung der Dachfläche verlangt. Darüber hinaus wird eine Mindestschichtstärke des Substrates von 8 cm gefordert sowie eine Einsaat mit einer sog. «Basler Pflanzenmischung», d.h. mit – für Dachbegrünungen geeigneten – einheimischen Arten des regionalen Naturraumes. Abgeleitet sind diese Vorgaben aus dem Raumplanungsgesetz, welches bei Bauvorhaben eine Minimierung der Eingriffe in den Naturhaushalt verlangt.

Das Natur- und Landschaftsschutzgesetz des Kantons Basel-Stadt basiert seinerseits auf Vorgaben des Bundes: Das eidgenössische (nationale) Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG Art. 18) verlangt von den ausführenden Behörden (den Kantonen und Gemeinden) im Rahmen deren Gesetze und Planungen geeignete Regelungen und Massnahmen zum Schutz gefährdeter Tier- und Pflanzenarten vorzusehen. In diesem Sinne wurde die Massnahme „Dachbegrünung“ als geeignet eingestuft einzelne gefährdete Arten zu fördern und entsprechende Vorgaben festgelegt. Die Begrünung von Dächern muss in Basel deshalb dem Standort entsprechend geplant und optimiert gestaltet werden. Ein wichtiger Bestandteil hinsichtlich der Förderung der lokalen Arten ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von geeigneten lokalen Bodensubstraten.

## 3 Novartis Campus

Der Novartis Campus ist ein städtebauliches Umgestaltungsprojekt der Firma Novartis im nördlichen Industriequartier von Basel. Novartis verwandelt hier ihren Industriekomplex im St. Johann-Areal – mit seinen Forschungs- und Produktionsstätten, Bürogebäuden und dem internationalen Hauptsitz – in einen Campus des Wissens. Im Laufe der nächsten 20 Jahre werden sämtliche Bauten erneuert und in ein neues städtebauliches Gesamtkonzept gefügt (Abb. 2). Auf Basis eines Masterplans von Vittorio Magnago Lampugnani soll eine äusserst funktionale und ästhetische Arbeitsumgebung und ideale Kommunikationsbedingungen entstehen.



**Abb. 2** Modell des Überbauungskonzepts „Novartis Campus“. (Quelle: Novartis)

Darüber hinaus soll sich ein baulich und landschaftlich attraktiver urbaner Komplex entwickeln, in den Mitarbeitende, Forscher und Gäste aus aller Welt gerne kommen sollen. Als erster Neubau wurde im Jahr 2005 ein Verwaltungsgebäude das *Forum-3-Gebäude* durch das international renommierten Basler Architekturbüro Diener & Diener realisiert. Die begrünte Dachfläche wurde nach den Richtvorgaben des Baudepartements geplant, welche objektspezifisch in Verbindung gesetzt wurden mit den gestalterischen Aspekten der Gebäudearchitektur.

## 4 Neuer Inhalt – neue Oberfläche

Mit der Neugestaltung der Gebäude mit ihrem Innenleben an aktuelle Bedürfnisse wird sich auch die Oberfläche des Gesamtkomplexes Novartis Campus an der aktuellen Baupraxis und den Vorgaben des Natur- und Landschaftsschutzes orientieren. Zum einen bedeutet dies eine Begrünung aller Dachflächen, zum anderen eine Ausrichtung der Gestaltung dieser Flächen an die naturräumlichen Gegebenheiten. Auf diese Weise kann ca. ein Drittel der Arealfläche als naturnahes Ersatzhabitat eingerichtet werden, in denen sich voraussichtlich auch einige Arten der

ehemaligen Flussaue des Rheins wieder etablieren können. Naturräumlich liegt der Novartis Campus in der Flussaue des Rheines, die Substratwahl und Gestaltung für die angestrebte Landschaftstransformation orientiert sich deshalb primär an natürlichen Schotterflächen.

#### 4.1 Schichtaufbau der Dachbegrünung

Das Konzept des Schichtaufbaus und der Substrate für das *Forum-3-Gebäude* von Diener & Diener wurde aus Projekten abgeleitet, welche in den letzten Jahren in Basel realisiert werden konnten. Sie ergaben wichtige Hinweise welche Substrate in welchen Schichtabfolgen und –stärken mittelfristig welche Vegetationsform hervorbringen und welche Tierarten sich dauerhaft etablieren können. Auf dem *Rossetti-Bau* der Architekten Herzog & De Meuron sowie dem *Peter Merian-Haus* des Bahnhof Ost-Komplexes von Zwimpfer Partner Architekten wurden sandig-kiesige Oberbodensubstrate verwendet, welche einen Feinerdeanteil von ca. 25% aufwiesen. Bei einer Schichtstärke von 6 cm entwickelte sich in sieben Jahren eine spärlich bewachsene Vegetationsschicht, bei den Substraterhöhungen auf 30 cm, dichtere Trockenrasenbestände. Vergleichbare Vegetationsentwicklungen ergaben sich auf der Versuchsanlage auf der Tunnelabdeckung der Nordtangente. Hier wurde auf einer Grundschrift von 8 cm Wandkies (unsortierter Kies direkt aus der Kiesgrube) ein feinerdereicher Oberboden in unterschiedlicher Schichtstärke ausgebracht (Abb. 3).

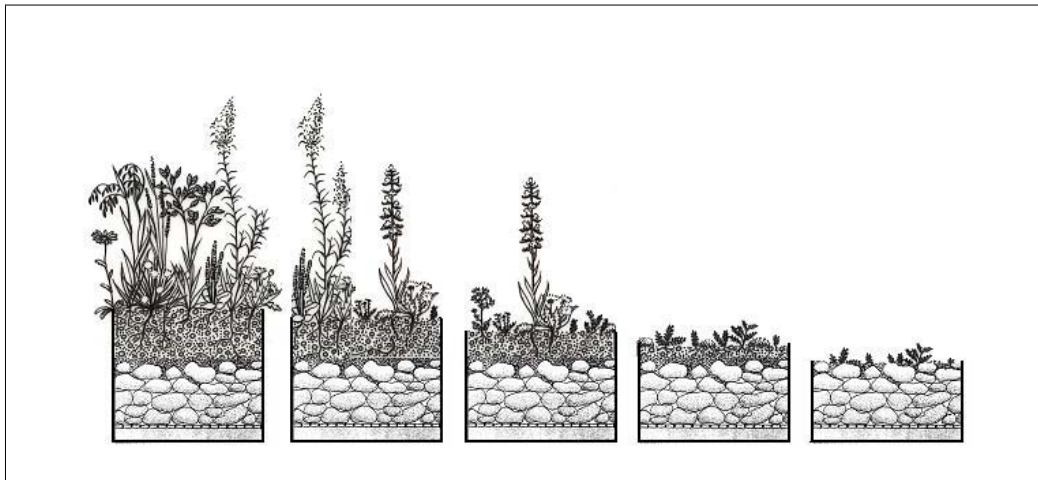


**Abb. 3** Versuchdachbegrünung auf der Tunnelabdeckung Nordtangente  
(Foto: Stephan Brenneisen)

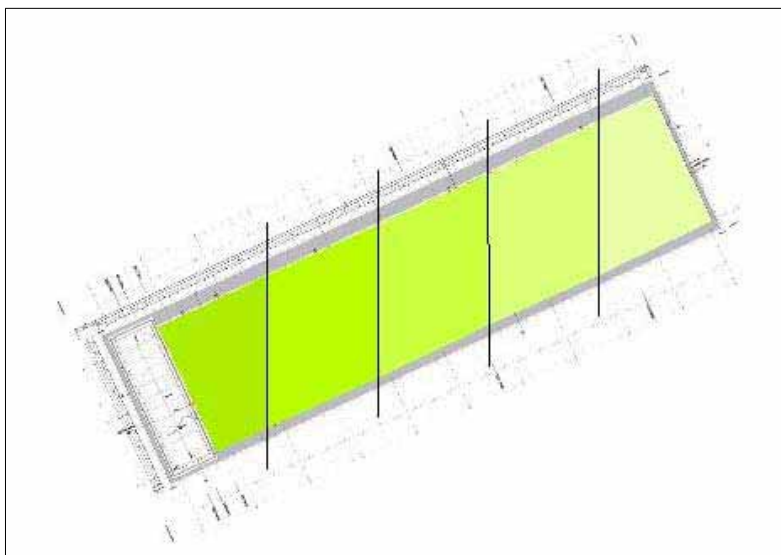
Bei der Untersuchung der Spinnenfauna auf den genannten Versuchsflächen zeigte sich die Bedeutung von lokalen Substraten mit kiesigen Bestandteilen unter anderem durch den Fund der Spinnenart *Pseudomaro aenigmaticus*. Diese Zwergspinnenart gilt als extrem selten (erst zwei Fundnachweise in der Schweiz) und hat ihren Lebensraum vermutlich in Hohlräumen unter der Erdoberfläche, wie sie in Schotterflächen vorkommen können.

Das Zielbild und die angestrebte Vegetation auf der Dachfläche soll mittel- bis langfristig das gesamte Vegetationsspektrum von offenen Kiesflächen bis zu dichter bewachsenen Auenwiesen aufweisen. Dabei sollte nicht wie bei vorherigen Projekten punktuelle oder verteilte kleinräumige Erhöhungen eingerichtet werden. Die Bauherrschaft und die Architekten wünschten eine möglichst homogen erscheinende Dachoberfläche. Daraus entwickelte sich ein Konzept mit einer Abfolge der in den Ausführungsrichtlinien definierten unterschiedlichen Schichthöhen als Kontinuum mit schrittweiser Erhöhung der Substratschichtstärken (Abb. 4, 5).

Die Grundschrift des Begrünungsaufbaus wurde - ähnlich wie bei der Tunnelabdeckung *Nordtangente* - aus 7 cm sandigem Kies (Korngrößen 0-50 mm) eingerichtet. Darüber wurde als zweite Schicht (ohne Trennlage) eine Dachgartenerde (bestehend aus Landerde, Rindenkompost, gebrochenem Blähton, Holzfasern, mineralische Grunddüngung) in unterschiedlicher Schichtstärke (2, 4, 6, 8 cm) ausgebracht (Abb. 4).



**Abbildung 4** Schichtaufbau der Dachbegrünung: sandiger Kies und Dachgartenerde.



**Abbildung 5** Abstufung der Schichthöhen mit der Orientierung zum nordwärt fließenden Rhein

Die weiteren Bauten des Novartis Campus-Komplexes werden nach dem gleichen Grundprinzip ausgeführt werden. Insbesondere wird auf die konsequente Verwendung von natürlichen Bodensubstraten hingearbeitet.

## **5 Substrate und regionale Böden für naturnahe Dachbegrünungen**

Die Einrichtung von naturnahen Dachbegrünung ist auf jeden Fall eine planerische Herausforderung. Wesentlich sind die Sichtung und Lagerung der geeigneten Böden und Substrate sowie die logistischen Lösungen für die Einrichtung. Für Dachbegrünungen geeignete Oberböden mit Krümelgefüge stammen in der Regel von langjährigen Wiesenstandorten oder bewaldeten Standorten. Ackerbaulich geprägte Oberböden sind oft zu lehmig, da sie zu stark mit Teilen des B-(Verwitterungs-)Horizontes vermischt wurden. Weil sie zur Verschlammung neigen, sind sie gleich wie der B-Horizont selbst für die Begrünung von Dächern ungeeignet. Ein positiver Nebeneffekt bei der Verwendung von Oberböden ist die Nutzung des darin verborgenen Samenreservoirs.

Bei der Wahl des geeigneten Bodensubstrates ist insbesondere die geplante Schichtstärke zu berücksichtigen. Je dünner die Schichtstärke ist, desto mehr Wasser- und Nährstoffrückhaltepotenzial sollte das Bodensubstrat aufweisen. Das heisst, bei Schichtstärken von 6-10 cm ist ein humoser Oberboden mit Krümelgefüge ideal. Ab 12 cm

Schichtdicke sollte das Bodensubstrat wenige Nährstoffe aufweisen, damit die Vegetationsentwicklung nicht zu schnell zu einer geschlossenen mit Gras dominierten Fläche verläuft. Keinesfalls solle pauschal nur sehr mageres Bodenmaterial verwendet werden. Da aus ökonomischen und statischen Gründen oft nur dünnsschichtige Substratauflagen möglich sind, ist der Wachstumseffekt durch humose Böden durchaus erwünscht. Ansonsten droht bei nährstoffarmen Böden über einige Jahre eine Verschlammung der Bodenoberfläche mit einer deutlich verlangsamten Vegetationsentwicklung bis hin zu einer lediglichen Vermoosung der begrünten Dachfläche.

## 6 Raumplanerische Bedeutung

Aus der Perspektive der Raumplanung rücken begrünbare Dachflächen in ein neues Licht. In dieser Grössenordnung, wie das Beispiel des Novartis Campus zeigt, gibt es kaum vergleichbare Flächentypen, die so geringen Nutzungskonkurrenzen ausgesetzt sind. In städtischen Gebieten wie Basel machen ungenutzte Dächer von Flachdachbauten immerhin 10% der gesamten Arealfläche aus, in Industriegebieten bis 30%. Der Naturschutzansatz des „Prozessschutzes“ kann auf begrünten Dächern in der Form verwirklicht werden, dass nur durch die Steuerung des limitierten Wasserhaushaltes Standorte determiniert werden, die teilweise vergleichbare Habitatstypen mit Flusssufern, Trockenrasen oder wechselfeuchten Wiesen entstehen lassen. Die periodische Eingriffe in Sukzessionsverläufe durch mähen etc., wie man sie zur Erhaltung vieler traditioneller Naturschutzflächen wie Magerwiesen kennt - und somit auch Störungen der dynamischen faunistischen und floristischen Besiedlung - fallen weg. Für Vögel erweist sich das stehen lassen von reifen Samen tragenden Pflanzen als ideale Nahrungsquelle im Herbst. Für Spinnen und Insekten wird die nicht abgeführte Biomasse zum Versteck und Kälteschutz im Winter.



**Abbildung 6** Naturnaher Lebensraum auf einem Dach des Universitätsspitals Basel-Stadt (Foto: Pia Zanetti)

## 7 Danksagung

Die umfangreichen Untersuchungen und erfolgreichen Umsetzungsarbeiten - insbesondere auch beim Forum-3-Gebäude im Novartis Campus - konnten nur Dank der Unterstützung vieler Personen durchgeführt werden. Speziellen Dank gilt dabei Regierungsrätin Barbara Schneider, Hartmut Leser, Jean-Bernard Bächtiger, Michael Zemp, Thomas Fisch, Jolanda Löhr, Michael Roth, Andreas Schürch, Roland Thommen und weiteren Mitarbeitern der Firma Marx Flachdach AG.

## 8 Literatur

Brenneisen, S. (2003): Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Dachbegrünungen – Bedeutung für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung. Dissertation Geographisches Institut Universität Basel

Gedge, D. (2002): Roofspace – a place for brownfield biodiversity? Ecos 22 (3/4), British Association of Nature Conservationists, Gloucester

Frith, M. & Gedge D. (2000): The black redstart in urban Britain; a conservation conundrum? In: British Wildlife 11/6, 381-388

Landolt, E. (2001): Orchideen-Wiesen in Wollishofen (Zürich) – ein erstaunliches Relikt aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts. In: Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 146/2-3: 41-51

Stephan Brenneisen  
Hochschule Wädenswil  
Grüntal, Postfach 335  
CH- 8820 Wädenswil, Schweiz  
s.brenneisen@hsw.ch

## **Session 2B: stormwater management with green roofs**

### ***Regenwassermanagement und Siedlungsentwässerungsplanung***

# **Die Quantifizierung des Dachbegrünungspotenzials verschiedener Bebauungstypen in Karlsruhe durch den Einsatz von Fernerkundungsdaten**

**Sabine Steusloff, Dipl.-Biol, Institut für Geographie und Geoökologie, Universität Karlsruhe, Deutschland**

## **Abstract**

Die negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt durch die fortschreitenden Bebauung von Freiflächen in Siedlungsgebieten macht die Aktivierung versiegelter Flächen zu einer stadtökologischen Notwendigkeit. Um die Eingriffe in den Naturhaushalt zu minimieren, muss nicht nur der Erhalt von Freiflächen bzw. deren Ausgleich im Vordergrund stehen, sondern auch für die Verbesserung der Situation im Bestand Sorge getragen werden. Nachträglich eingebaute Dachbegrünungen können als Teilentsiegelungsmaßnahmen gute Dienste leisten. In der nachfolgend beschriebenen Untersuchung wurden die Auswirkungen einer solchen Maßnahme auf den Wasser- und Stoffhaushalt der theoretisch begrünbaren Dachflächen verschiedener Karlsruher Stadtviertel quantifiziert. Die Gebiete wurden aufgrund ihrer Bebauungstypen ausgewählt: Sie umfassen ein gründerzeitliches Wohnviertel mit Villen- und offener Blockrandbebauung, ein gemischtes Wohn- und Gewerbeviertel mit verdichteter Block- bis offener Blockrandbebauung und Hochhäusern (erbaut Ende des 19. Jahrhunderts bis heute), ein Wohngebiet (um 1960 erbaut) mit Zeilen- und Hochhausbebauung sowie ein modernes Industriegebiet. Der Einbau von Dachbegrünungen im Bestand erfordert die Kenntnis einer ganzen Reihe baulicher Gegebenheiten wie der Dachneigungen, der Dachmaterialien und der statischen Voraussetzungen. Unter Zuhilfenahme von Fernerkundungsdaten (Höhendaten, aufgenommen mit einem Laserscanner im Raster von 1m x 1m Punktgröße mit einer Höhengenaugigkeit von max. +/- 20cm) wurden die Neigungen aller Dachflächen dieser Viertel berechnet und der prozentuale Anteil sowie die Größe der aufgrund ihrer Neigung begrünbaren Dachflächen bestimmt. Die Verknüpfung der begrünbaren Dachflächengrößen dieser Viertel mit Daten über den Wasser- und Stoffhaushalt grüner Dächer ermöglicht nun die Quantifizierung der Auswirkung einer nachträglichen Begrünungsmaßnahme. Die Datengrundlage hierfür bilden Untersuchungen von Schwermetallen, Makroionen und physiko-chemischen Parametern, die über mehrere Jahre an beispielhaft ausgewählten extensiven und einfach intensiven Gründächern in Karlsruhe durchgeführt wurden. Als Ergebnis werden Aussagen über die mögliche Höhe der Entlastung des Kanalsystems sowie über die Langzeitentwicklung bei der Qualität des Ablaufwassers und der Stoffretention im Substrat getroffen.

## **Quantifying the potential for green roofs on various building types in Karlsruhe using remote sensing data**

The negative effects on humans and environment by the advancing development of open surfaces in settlement areas makes the vitalization of sealed areas an urban ecological imperative. In order to minimize interferences to the ecosystem, not only do open spaces need to be preserved and their compensation held in the foreground, but also improvements on the situation must be accommodated. Supplementary rooftop greening serves very well as a partial measure for unsealing the landscape. The research discussed in this paper quantified the effects that rooftop greening could have on water and nutrient cycling in different, theoretically green-able, districts in Karlsruhe. The areas were chosen based on their building type, and included an historical residential district with villas and open block structures, a mixed residential- and commercial district with densified block-to block-edge buildings and high rise buildings (built at the close of the 19<sup>th</sup> century to present), a residential area (built around 1960) with row buildings and high rise buildings as well as a modern industrial park. The installation of green roofs demanded the knowledge of an array of constructional conditions, such as roof pitch, roof materials and static requirements. Using data from remote sensing (height, taken with a laser scanner in a grid of 1x1m point sizes, with an accuracy of max. +/- 20cm), the percent green-able surface for each quarter was determined by calculating the slopes and the size of the surfaces, as influenced by pitch, of all roof surfaces. Linking the green-able roof surface area with data describing the water and nutrient cycles of green roofs permits the quantification of the effects of subsequent greening measures. The rudimentary data for this purpose supported studies on heavy metals, macro-ions, and physico-chemical parameters, which could be carried out over several years on exemplary extensive and simple intensive green roofs selected in Karlsruhe. Results could provide evidence on the possible extent by which stormwater infrastructure is relieved, as well as the long-term development of runoff water quality and substance retention by growing media.

## **1 Einführung und Problemstellung**

Die negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt durch die fortschreitende Bebauung von Freiflächen in Siedlungsgebieten macht die Aktivierung versiegelter Flächen zu einer stadtökologischen Notwendigkeit. Um die Eingriffe in den Naturhaushalt zu minimieren, muss nicht nur der Erhalt von Freiflächen bzw. deren Ausgleich im Vordergrund stehen, sondern auch für die Verbesserung der Situation im Bestand Sorge getragen werden. Nachträglich realisierte Dachbegrünungen können als Teilentsiegelungsmaßnahmen gute Dienste leisten. Es stellt sich nun die Frage, in welchem Maße der nachträgliche Einbau begrünter Dächer bezogen auf ein ganzes Stadtviertel möglich ist, und in wieweit sich dies auf den Wasser- und Stoffhaushalt des Niederschlagsabflusses dieses Gebiets auswirkt.

Begrünte Dächer stellen wie alle Dächer zunächst eine Depositionsfläche für Niederschlagswasser sowie gelöste und partikulär gebundene Stoffe dar. Im Gegensatz zu konventionellen Bedeckungen wie z.B. Kies, Metall oder Ziegel bilden sie eine zusätzliche Speicher- und Filtereinheit, bevor das Niederschlagswasser in das angrenzende Kompartiment (Kanalisation, Zisterne, Anlage zur Regenwasserversickerung) abläuft. Daher besitzen Gründächer einerseits einen niedrigeren Abflussbeiwert. Andererseits können Stoffe, die mit dem Niederschlagswasser in die Gründachschichten infiltriert werden, im Substrat gebunden oder transformiert und ausgespült werden. Ebenso können substratbürtige Stoffe gelöst und ausgetragen werden.

In der nachfolgend vorgestellten Untersuchung wurden Daten von Modelldächern über den Wasser- und Stoffhaushalt von begrünten Dachflächen mit Berechnungen des Dachbegrünungspotenzials unterschiedlicher Bebauungstypen in Karlsruhe verknüpft. So können quantitative Aussagen über Veränderung des Wasser- und Stoffhaushalts durch den nachträglichen Einbau von Dachbegrünungen getroffen werden.

## **2 Methodik**

### **2.1 Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt**

Um für das Stadtgebiet von Karlsruhe repräsentative Messwerte für den Wasser- und Stoffhaushalt begrünter Dachflächen zu erhalten, wurden zwei extensive Dachbegrünungen aus dem Stadtgebiet ausgewählt und auf einem Dachstandort nachgebaut. Als Referenz diente ein Kiesmodelldach. Die Modelldächer besitzen eine Grundfläche von einem m<sup>2</sup> und – wie die Originaldächer – eine Neigung von 2°. Da der Eintrag von Schwermetallen aus der Atmosphäre und deren Austrag mit den Ablaufwässern untersucht werden sollte, sind die Modelldächer völlig metallfrei. Um einheitliche Bedingungen zu schaffen, wurden die beiden Extensivdächer mit *Festuca rubra* begrünt, eine Grasart, die auf beiden Originaldächern wächst. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Eigenschaften der Modelldächer aufgelistet.

**Tab. 1** Bezeichnung und wichtigste Eigenschaften der Modelldächer

<b>Modelldach</b>	<b>Gründach 1</b>	<b>Gründach 2</b>	<b>Kiesdach</b>
Begrünungsart	extensiv	extensiv	-
Neigung	2°	2°	2°
Aufbau	einschichtig	dreischichtig	einschichtig
Vegetation	Festuca rubra	Festuca rubra	-
Aufbaudicke	8-10 cm	10 cm	5-6 cm
Vegetationstragschicht	Rostasche, Rindenhumus, Grüngutkompost, 8 cm stark	Mineralsubstrat aus Reifkompost, Ton- und Faserstoffen, Bims, 6 cm stark	-
Filterschicht	-	Polypropylen/Polyethylenvlies	-
Dränschicht	Dränstreifen: grobe Rostasche, 8-10 cm stark	Mineralsubstrat, 4 cm stark	-
Trennlage/Schuttlage	Polyethylenvlies	Synthesevlies	-
Dachmaterial	-	-	Kies, Körnung 8/16 mm
Lastenannahme bei maximaler Wasserkapazität	98 kg/m <sup>2</sup>	94 kg/m <sup>2</sup>	99 kg/m <sup>2</sup>

Über einen Zeitraum von eineinhalb Jahren wurden am Modelldachstandort der Niederschlag und die Dachablaufwässer quantitativ erfasst und qualitativ analysiert, so dass eine Bilanzierung über den Eintrag und Austrag der untersuchten Stoffe durchgeführt werden konnte. Die gewonnen Proben wurden zu Monatsmischproben zusammen geführt. Analysiert wurden u.a. der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit sowie die gelösten Anteile der Schwermetalle Zink, Blei und Kupfer (mittels Polarographie) und der Anionen Nitrat, Sulfat und Chlorid (mittels Ionenchromatographie).

## **2.2 Berechnung des Dachbegrünungspotenzials von vier verschiedenen Bebauungstypen in Karlsruhe**

Die Gebiete, für die ein Dachbegrünungspotenzial berechnet werden sollte, wurden aufgrund ihrer Bebauungstypen ausgewählt. Sie umfassen

- ein gründerzeitliches Wohnviertel mit Villen- und offener Blockrandbebauung – Typ A
- ein gemischtes Wohn- und Gewerbeviertel mit verdichteter Block- bis offener Blockrandbebauung und Hochhäusern (erbaut Ende des 19. Jahrhunderts bis heute) – Typ B
- ein Wohngebiet (um 1960 erbaut) mit Zeilen- und Hochhausbebauung – Typ C sowie
- ein modernes Industriegebiet mit Industrie- und Lagergebäuden – Typ D.
- 

Zur nachträglichen Dachbegrünung im Bestand – z.B. im Rahmen von Sanierungen oder Wohnumfeldverbesserungen – eignen sich im Prinzip alle Dächer, die die Lasten des Begrünungsaufbaus tragen können und Dachneigungen zwischen 2° und ca. 35° aufweisen. Bei entsprechenden statischen Voraussetzungen können auch Anstaudächer mit 0° Neigung eingebaut werden, dies entspricht aber eher nicht der Regel. Ebenso ist nicht von einer Begrünung von Dächern mit > 35° bis 45° aus zu gehen, da auch bei Neubauten solche Dächer selten begrünt werden. Eine weitere Einschränkung ergibt sich über die Lastenannahmen: bei reinen Bitumen-, Metall-, Glas- oder Ziegeldächern kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass die statischen Voraussetzungen für Dachbegrünungen gegeben sind. Dagegen ist davon auszugehen, dass Kiesdächer mit einer Neigung von 2° bis 5° relativ problemlos in Extensivdächer umgewandelt werden können. Kiesdächer können mit Lastenannahmen von ca. 90-150 kg/m<sup>2</sup> veranschlagt werden, extensive Dachbegrünungen weisen im wassergesättigten Zustand Flächenlasten von ca. 50-150 kg/m<sup>2</sup> auf (s. Tab. 1, s.

auch FLL 2002). Aus diesem Grund und da die unter Kapitel 2.1 beschriebenen Gründächer, die zur Ermittlung des Wasser- und Stoffhaushalts herangezogen wurden, eine Neigung von 2° aufweisen, wurde das Dachbegrünungspotenzial der vier Bebauungstypen für zwei verschiedene Dachneigungsklassen berechnet:

- A) Dachneigung 2°
- B) Dachneigung 2°-5°

## 2.2 Erhebung der Neigungs- und Flächendaten

Die für die Berechnung der Dachneigungen und Flächengrößen der einzelnen Dachneigungsklassen verwendeten Daten stammen aus einer Überfliegung des Karlsruher Stadtgebiets, bei der ein Laserscan der Geländeoberfläche durchgeführt wurde. Der Laserscanner schickt einen pulsmodulierten Laserradarstrahl auf die Geländeoberfläche, der nach einem höhenabhängigen Zeitintervall reflektiert wird. Im Durchschnitt finden 5 Messungen pro m<sup>2</sup> statt, wobei ein 16 Bit Raster mit einer Pixelgröße von einem Meter und einer Höhengenaugkeit von +/- 0,1 m entsteht (Lohr 1998:105ff). Aus diesem flächenhaften Höhendatensatz wurde ein digitales Höhenmodell erstellt. Die dafür unerlässliche exakte Bestimmung der Flugzeugposition und -lage wurde mit differentieller GPS-Positionierung durchgeführt, die Messung der Beschleunigung und Lageänderung der Sensorplattform erfolgte mit einem Inertialsystem (INS). Anhand des Höhenmodells mit einer Auflösung von einem Meter in x- und y-Richtung und 0,1 m in z-Richtung konnten die Neigungswinkel und Flächengrößen der zuvor digitalisierten Dachflächen im Überfliegungsgebiet berechnet werden.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Bilanzierung des Wasser- und Stoffhaushalts

Die hier vorgestellte Bilanzierung des Wasser- und Stoffhaushalts der Modelldächer bezieht sich auf einen Untersuchungszeitraum von einem Jahr. Zu Beginn dieses Jahres waren die Modelldächer bereits ein halbes Jahr begrünt und der Witterung auf dem Dachstandort ausgesetzt gewesen, so dass von einer Equilibrierung der Dachschichten ausgegangen werden konnte.

### 3.1.1 Wasserhaushalt

Aus den Jahressummen des Niederschlags und der Ablaufwässer wurden die Jahresabflussbeiwerte der Modelldächer errechnet (s. Tab. 2).

**Tab. 2** Jahresabflussbeiwert sowie maximaler und minimaler Monatsabflussbeiwert der Modelldächer

Modelldach	Gründach 1	Gründach 2	Kiesdach
Jahresabflussbeiwert $\Psi_a$	0,36	0,40	0,70
maximaler Monatsabflussbeiwert $\Psi_{\max}$	0,71 (Feb/Mrz)	0,73 (Feb/Mrz)	0,79 (Jan/Feb)
minimaler Monatsabflussbeiwert $\Psi_{\min}$	0,01 (Apr/Mai)	0,01 (Apr/Mai)	0,36 (Mrz/Apr)

Die Modelldächer weisen im Vergleich mit den in den FLL-Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen (FLL 2002) angegebenen Jahresabflussbeiwerten für Extensivbegrünungen niedrigere Werte auf. Die Richtlinien gibt für Extensivbegrünungen mit einer Aufbaudicke von > 6-10 cm und Sedum-Moos-Kraut-Begrünung einen Jahresabflussbeiwert von 0,5 an. Diese Differenz zu den hier gemessenen Werten kann einerseits mit den unterschiedlichen Vegetationsformen zusammenhängen (die Modelldächer ausschließlich mit Festuca rubra begrünt worden, allerdings konnten sich im Laufe der Untersuchung auch Kräuter etablieren), andererseits mit Randeffekten bezüglich der auf die Modelldächer effektiv eingetragenen Niederschlagsmenge. Das Kiesmodelldach besitzt einen Jahresabflussbeiwert von 0,70, der maximal auftretende Abflussbeiwert bezogen auf die Regenspende eines ganzen Monats ist 0,79. In ihren maximalen Abflussbeiwerten unterscheiden sich die Gründächer nur gering vom Kiesdach, deutlich wird der Einfluss der Gründachaufbauten auf die Ablaufmenge allerdings bei den Minimalabflussbeiwerten. Innerhalb des dargestellten Jahres fand in den Monaten April und Mai praktisch kein Ablauf an den Gründächern statt.

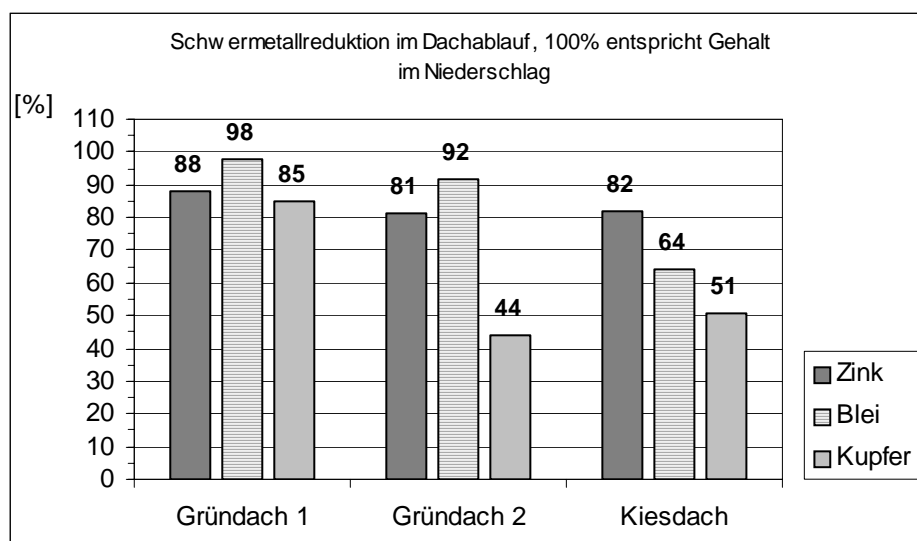
### 3.1.2 Stoffhaushalt

Die im Niederschlag und den Ablaufwässern gemessenen pH-Werte und elektrischen Leitfähigkeiten weisen folgende Mediane bezogen auf ein Jahr auf (s. Tab. 3):

**Tab. 3** Jahresmediane der pH-Werte und elektrischen Leitfähigkeiten der Modelldächer und des Niederschlags

Modelldach	Niederschlag	Gründach 1	Gründach 2	Kiesdach
pH-Wert	4,6	7,0	7,3	7,3
elektr. Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	22,0	187,0	402,5	90,0

Der für die städtische Umgebung typische saure Niederschlag wird von den Modelldachaufbauten neutralisiert. Die Gründächer und das Kiesdach unterscheiden sich hierin nicht wesentlich. Die elektrische Leitfähigkeit der Ablaufwässer ist gegenüber dem Niederschlag bis um das 20-fache erhöht (Gründach 2). Aus dem Kiesdach wird wesentlich weniger Salz ausgetragen als aus den Gründächern, allerdings liegen die elektrischen Leitfähigkeiten aller Modelldächer unterhalb des Wertes von 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , den die Trinkwasserverordnung (2001) zulässt. Auch Schwermetalle werden in nur geringem Umfang aus den Modelldächern ausgetragen. Bezüglich der durch atmosphärische Deposition eingetragenen Schwermetalle wirken die Dachaufbauten als Filter. Dies wird in Abbildung 1 deutlich, in der die Schwermetallreduktion im Ablaufwasser dargestellt ist, die bei der Passage des infiltrierten Niederschlagswassers durch die Dachschichten stattfindet.



**Abb. 1** In den Modelldächern zurückgehaltener Anteil, der im Niederschlag gemessenen Schwermetalle.

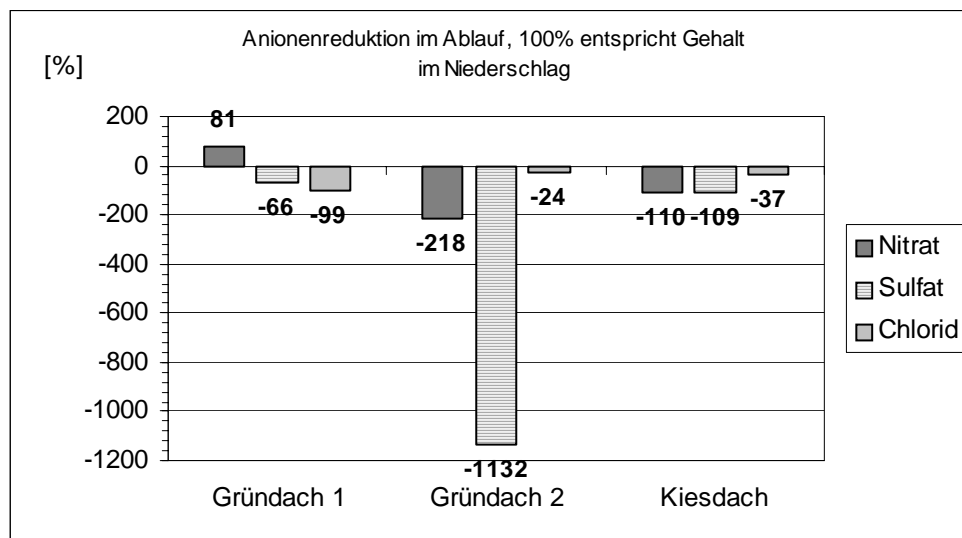
Das einschichtige Gründach 1 zeigt die beste Filterleistung hinsichtlich der Schwermetalle, es hält z.B. nahezu die gesamte Menge des eingetragenen Bleis zurück. Blei ist unter diesen drei Schwermetallen bei den vorherrschenden pH-Werten das immobilste, aber auch das leichter lösliche Zink wird sehr gut zurückgehalten. Das Kiesdach hält Zink ebenso effektiv zurück wie Gründach 2, beim Kupfer ist seine Filterleistung sogar besser. Die Schwermetallretention des Kiesdachs lässt sich vermutlich auf die Bindung der Schwermetalle an eingetragene Partikel zwischen den Kieselsteinen zurückführen. Die Mediane der im Verlauf des Jahres gemessenen Schwermetallkonzentrationen sowie ihre Maxima und Minima sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Der Vergleich der Werte zeigt, dass die Modelldächer den Niederschlag bezüglich Zink, Blei und Kupfer verdünnen. Allerdings besitzt der Gründach 1-Ablauf ein höheres Maximum als der Niederschlag, Gründach 2 konzentriert Kupfer bei allen drei Werten und das Kiesdach konzentriert Kupfer im Maximum. Alle gemessenen Konzentrationen erreichen jedoch nicht die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (2001).

**Tab. 4** Jahresmediane, Maximal- und Minimalwerte der Schwermetallkonzentrationen im Ablauf

Modelldach		Niederschlag	Gründach 1	Gründach 2	Kiesdach	TrinkwV 2001
Zink [µg/l]	Median	33,4	9,1	16,0	5,1	-
	Maximum	50,9	61,9	31,5	29,0	
	Minimum	17,1	1,4	8,6	1,9	
Blei [µg/l]	Median	3,2	0,4	0,9	1,7	10
	Maximum	5,6	0,6	1,6	3,1	
	Minimum	1,9	0,1	0,3	0,5	
Kupfer [µg/l]	Median	4,5	1,7	5,1	1,5	2000
	Maximum	5,9	4,4	12,6	8,9	
	Minimum	2,1	0,3	2,2	0,8	

Bei den gemessenen Anionen zeigt sich ein gänzlich anderes Bild (Abb. 2). Ausschließlich Nitrat wird von Gründach 1 im Ablauf reduziert, alle anderen Anionen werden aus den Modelldächern ausgewaschen. Gründach 2 emittiert Sulfat zu einem hohen Prozentsatz.



**Abb. 2** In den Modelldächern zurückgehaltener Anteil, der im Niederschlag gemessenen Anionen.

Diese Beobachtung setzt sich auch bei der Betrachtung der Anionenkonzentrationen im Niederschlag sowie in den Ablaufwässern fort (Tab. 5). Bis auf Nitrat bei Gründach 1 konzentrieren alle Modelldächer die untersuchten Anionen, im Maximum überschreitet der Ablauf von Gründach 2 den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (2001). Bei den Gründächern sind diese Emissionen vermutlich vor allem auf Substratinhaltsstoffe zurück zu führen, beim Kiesdach handelt es sich um atmosphärisch eingetragene Stoffe (über die nasse und trockene Deposition), die dann bei einem Ablaufereignis in Lösung gehen.

**Tab. 5** Jahresmediane, Maximal- und Minimalwerte der Anionenkonzentrationen im Ablauf.

Modelldach		Niederschlag	Gründach 1	Gründach 2	Kiesdach	TrinkwV 2001
Nitrat [mg/l]	Median	2,8	1,1	21,8	8,7	50
	Maximum	9,6	10,1	79,5	18,6	
	Minimum	1,3	0,3	2,3	0,8	
Sulfat [mg/l]	Median	2,0	10,5	57,9	6,9	240
	Maximum	4,0	20,6	97,5	12,6	
	Minimum	1,3	3,7	22,9	3,0	
Chlorid [mg/l]	Median	0,5	3,1	1,8	1,1	250
	Maximum	1,1	12,2	3,8	1,9	
	Minimum	0,1	1,3	0,4	0,4	

### 3.2 Die Dachbegrünungspotenziale der vier Bebauungstypen

Die anhand des digitalen Höhenmodells ermittelten und berechneten Dachflächen weisen für die in Kapitel 2.1 erläuterten Neigungsklassen folgende Flächengrößen und -anteile auf (s. Tab. 6):

**Tab. 6** Dachflächengrößen und Flächenanteile innerhalb der Bebauungstypen bezogen auf die Dachneigungsklassen

Stadtgebiet		Gründerzeitliches Wohnviertel Typ A	gemischtes Wohn- und Gewerbeviertel (19. Jhd.) Typ B	Wohngebiet (um 1960) Typ C	modernes Industriegebiet Typ D
Bebauungstyp		Villen- und offener Blockrandbebauung	verdichteter Block- bis offener Blockrandbebauung und Hochhäusern	Zeilen- und Hochhausbebauung	Industrie- und Lagergebäude
Gerbietsfläche [m²]		133.533	528.311	203.279	460.727
Gesamtdachfläche [m²]		31.429	214.201	34.651	214.127
Anteil der Gesamtdachfläche an der Gebietsfläche		23,54	40,5	17,1	30,63
Dach-neigung 2°	Dachfläche [m²]	710	5.189	1.615	11.643
	Anteil an Gesamtdach-fläche [%]	2	2	5	8
Dach-neigung 2°-5°	Dachfläche [m²]	1.597	16.866	3.817	27.675
	Anteil an Gesamtdach-fläche [%] = Dachbegrünungs-potenzial	5	8	11	20

Hier zeigt sich deutlich, dass im gründerzeitlichen Wohnviertel (Typ A) der nach den oben genannten Kriterien nachträglich begrünbare Anteil der Dachflächen sehr klein ist. Flache Dächer stellen in diesem Bebauungstyp nur einen geringen Prozentsatz dar. Auch im Stadtgebiet Typ B liegt der Anteil der Dächer mit 2° bzw. 2°-5° Neigung unter 10%, da dieses Gebiet aber vier mal größer als Gebiet Typ A und zudem stärker verdichtet ist, besitzt es die 10-fache Fläche an Flachdächern. Im Stadtgebiet Typ C zählen zwar 11% aller Dächer zu den Flachdächern mit Neigung 2°-5°, ihre Flächenausdehnung ist allerdings gering. Das moderne Industriegebiet weist mit 20% Flächenanteil der flach geneigten Dächer an der Gesamtdachfläche das höchste Begrünungspotenzial der vier Bebauungstypen für die betrachteten Dachflächen auf. Unter der Voraussetzung, dass alle Dächer der Klasse 2°-5° Neigung die statischen Ansprüche an extensive Dachbegrünungen erfüllen, könnten hier ca. 27.700 m<sup>2</sup> bzw. 2,77 ha Dachfläche begrünt werden.

## 5 Verknüpfung des Wasser- und Stoffhaushalts mit dem Dachbegrünungspotenzial

Unter der Annahme, dass alle Dachflächen mit 2°-5° Neigung eines betrachteten Bebauungstyps nachträglich begrünbar sind, bzw. zuvor mit einer Kiesschicht bedeckt waren, können die neuen Jahresabflussbeiwerte für die Gesamtdachfläche berechnet werden. Dabei wird folgende Rechnung angewandt:

$$A_{red} = (AGD - A_{flach}) \times 1,0 + A_{flach} \times \Psi_a / \text{flach} \text{ und}$$

$$\Psi_a / \text{red} = A_{red} / AGD$$

mit

$A_{red}$  = verminderte Fläche mit  $\Psi_a = 1$ , nachdem der Anteil an Kies- bzw. Gründächern einbezogen wurde.

AGD = Gesamtdachfläche

$A_{flach}$  = Dachfläche mit Neigung 2°-5° und

$\Psi_a / \text{flach}$  = Jahresabflussbeiwert der flachen Kies- bzw. Gründächer

$\Psi_a / \text{red}$  = Jahresabflussbeiwert der Gesamtdachfläche nach Berücksichtigung der Kies- bzw. Gründächer.

Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Gesamtdachfläche

eine Dachfläche einen Jahresabflussbeiwert von 1,0 hat, wie die DIN 1986-100 (März 2002) für alle undurchlässigen Dachflächen außer den Kiesdächern vorgibt. Außerdem werden für die Dachneigungsklasse 2°-5° die gleichen Jahresabflussbeiwerte eingesetzt wie für die Dachneigungsklasse 2°, da davon ausgegangen werden kann, dass der Jahresabflussbeiwert sich in diesem Bereich nicht wesentlich ändert.

Die Berechnung der veränderten Jahresabflussbeiwerte wird beispielhaft für das moderne Industriegebiet (Typ D) und die Dachneigungsklasse 2°-5° durchgeführt, da aufgrund des hohen Flächenanteils der Dachneigungsklasse ein deutlicher Effekt durch nachträglich eingebaute Dachbegrünungen zu erwarten ist.

### Rechnung 1

#### Annahme:

alle Dächer der Neigungsklasse 2°-5° sind Kies gedeckt, ihr Jahresabflussbeiwert beträgt 0,7.

$$A_{red} = (214.127 - 27.675) \text{ m}^2 \times 1,0 + 27.675 \text{ m}^2 \times 0,7 = 205.824,5 \text{ m}^2$$

$$\Psi_a / \text{red} = 0,96$$

### Rechnung 2

#### Annahme:

alle Dächer der Neigungsklasse 2°-5° sind mit Extensivdächern gedeckt, ihr Jahresabflussbeiwert beträgt 0,4.

$$A_{red} = (214.127 - 27.675) \text{ m}^2 \times 1,0 + 27.675 \text{ m}^2 \times 0,4 = 197.522,0 \text{ m}^2$$

$$\Psi_a / \text{red} = 0,92$$

Durch die Begrünungsmaßnahme unter den oben angenommenen Voraussetzungen würde sich der Abflussbeiwert des Gebietes also von 0,96 (Kiesdächer) auf 0,92 (extensive Gründächer) vermindern. Ein Vergleich des Stoffhaushalts des Kiesdachs mit denen der Gründächer führt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Blei wird in den Gründachschichten stärker zurückgehalten als im Kiesdach, ebenso Kupfer in Gründach 1. Gründach 2 gibt jedoch mehr Kupfer mit dem Ablauf ab als das Kiesdach. Zink wird in allen drei Dachtypen gleichermaßen zurück gehalten.

- Die Schwermetallkonzentrationen in den Ablaufwässern aller drei Dachtypen sind so gering, dass die Ablaufwässer bezüglich dieser Stoffe Trinkwasserqualität besitzen.
- Alle drei Dachtypen fügen dem Ablaufwasser Anionen hinzu, zum Teil in beträchtlichem Maße. Gründach 2 gibt das tausendfache an Sulfat gegenüber dem Gehalt im Niederschlag ab.
- Dennoch liegt auch bezüglich der Anionen Nitrat, Sulfat und Chlorid im wesentlichen Trinkwasserqualität vor.

## **6 Schlussfolgerung**

Da der nachträgliche Einbau von Dachbegrünungen mit einem vertretbaren Aufwand nur unter relativ eng begrenzten Bedingungen möglich ist, wirken sich positive Eigenschaften grüner Dächer wie Wasserrückhalt nur in solchen Stadtgebieten quantitativ aus, die einen hohen Anteil an Flachdächern aufweisen. Selbst in dem hier vorgestellten Industriegebiet beträgt das Dachbegrünungspotenzial nur 20% aller Dachflächen, in dem Wohngebiet Typ B mit Blockrandbebauung – in dem Dachbegrünung aufgrund seiner hohen Verdichtung ebenso wünschenswert wäre – sinkt das Dachbegrünungspotenzial auf 8%. Allerdings sind diese Berechnungen ohne die konkreten Kenntnisse der statischen Voraussetzungen der betroffenen Gebäude durchgeführt worden, so dass die Ergebnisse einer unbekannten Schwankungsbreite unterliegen.

Der Stoffhaushalt von Gründächern bzw. Kiesdächern unterscheidet sich bezüglich der hier angeführten Ionen kaum. Aufgrund von Partikeln, die sich zwischen den Kieselns ansammeln und der Oberfläche der Kiesel besitzen auch diese Dachflächen eine Filterwirkung bezüglich eingetragener Schwermetalle. Ebenso wie die Gründächer geben Kiesdächer Nitrat, Sulfat und Chlorid an das Ablaufwasser ab.

## **7 Literatur**

- DIN 1986-100 (März 2002): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke
- FLL (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V.) (Hrsg.) (2002): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Selbstverlag, Bonn.
- LOHR, U. (1998): DIGITAL ELEVATIONS MODELS BY LASER SCANNING. Photogrammetric Record, Bd. 16, H. 92:105-109.
- VERORDNUNG ÜBER DIE QUALITÄT VON WASSER FÜR DEN MENSCHLICHEN VERBRAUCH (TRINKWASSERVERORDNUNG – TRINKWV) (2001): Anlage 2.

Sabine Steusloff, Dipl.-Biol.  
Institut für Geographie und Geoökologie  
Universität Karlsruhe (TH)  
Kaiserstr. 12  
D- 76128 Karlsruhe, Deutschland  
Sabine.Steusloff@t-online.de

# Urban storm water management by extensive green roofs

**Prof. Dr. Manfred Köhler, Green Roof Centre, Neubrandenburg, Germany**

## Abstract

Green roofs are extreme vegetation stands. The supply of water is the most important limiting factor for the growth of plants on extensive green roof systems. Extensive green roofs normally do not receive additional irrigation. Therefore the vegetation layer must be in a balance with the water stored within the growing medium. Hence, the green roofs have to support a semi-natural vegetation layer. Urban water cycle is influenced by two green roof characteristics: evaporation of water stored within the growing media and the transpiration of water by the vegetation. Evaporation and transpiration are considered together in this paper. Since 1999 at the University of Applied Sciences in Neubrandenburg, ecological surveys have been and continue to be carried out on extensive green roof systems. In addition to the investigation of the dynamics in the plant species composition, the green roof water cycle is also the focus of these surveys. Ongoing measurements offer data sets for precipitation run-off / discharge water and the stored water inside the growing media. Measurements of the water content inside the growing media are taken using a lysimeter. Hence, it is now possible not only to report the annual rate of discharge, which is known from several research fields to vary between 0.2 and 0.5, but also to know the real daily water needs of the green roof systems under investigation throughout the seasons. These parameters are otherwise unknown, as are other factors such as the efficiency of green roof systems under winter conditions.

## Städtisches Regenwassermanagement mit Gründächern

Extensive Gründächer sind extreme Vegetationsstandorte. Die Wasserversorgung ist der entscheidende limitierende Faktor. Da Extensive Gründächer keine zusätzliche Bewässerung erhalten, sollte die Vegetation mit dem Wasserangebot ausgeglichen sein. Der städtische Wasserhaushalt wird durch zwei Größen beeinflusst, durch die Evaporationsleistung des Substrates und die Transpirationsleistung der Pflanzenarten. Seit 1999 werden an der Hochschule Neubrandenburg ökologische Untersuchungen an Gründächern durchgeführt. Die Daueruntersuchungen zur Vegetationsdynamik stehen im Zentrum des Forschungsinteresses. In dieser Abhandlung werden einige Aspekte zum Wasserhaushalt hervorgehoben. Dazu finden durchgängige Datenaufzeichnungen zum Niederschlag, der Verdunstungsleistung und dem Ablauf aus Dachsubstraten statt. Der aktuelle Wassergehalt wird mittels Dachlysimeter online gemessen. Aus extensiven Gründächern laufen je nach Aufbau etwa 20 – 50% des Jahresniederschlages ab. Wieviel allerdings direkt aus einem System verdunstet konnte bisher noch nicht benannt werden. Hierzu sind die Lysimeter sehr hilfreich. In folgenden Text wird für ausgewählte Messzeiträumen mit unterschiedlicher Vorsättigung die tägliche exemplarisch dargestellt. Die Messungen ergaben, daß die tägliche Verdunstungsleistung der Gründächer im Winter bei 0,1- 0,5 mm und im Sommer zwischen 0,6 und 2,5 liegen. Bezogen auf die Wasserhaushaltsgleichung (Fig. 1) bieten Gründächer eine zeitliche Drosselfunktion des Ablaufs, eine Retentionsleistung, eine geringe Interzeption an Oberflächen sowie die hier kalkulierte Evapotranspiration mit bis zu 2,5 mm täglich. Dieses Instrument auf allen begrünbaren Dächern eingesetzt eröffnet Möglichkeiten, die die städtischen Regenwassersysteme nachhaltig entlasten helfen.

## 1 Preamble

The evaporation / transpiration data from the research facility in Neubrandenburg are being interpreted to answer the following questions:

- Discharge ratio between vegetation seasons,
- If the green roof system is saturated and more rain falls,
- If the green roof system is dry and heavy rainfall occurs.

The storage capacity of different growing media is compared with measurements done on a control roof of typical gravel layer construction. All measurements taken on the research roofs are for real climatic conditions.

Significant results discerned so far:

- During winter green roof systems have better water retention values than the gravel roof. With approximately 10% more evapotranspiration from the green roof systems than from the gravel roof per unit area.

- The gravel system can only store about 1 – 2 mm of rain whether there is a low or intensive rainfall. This water is gone after about two days.
- During vegetation periods: The green roof system can store significantly more water and can offer this for the needs of the plants over a period of about 2 weeks.
- The special daily needs of extensive green roof plant species varies by up to 2 mm of water per day.

In inner City regions, like Berlin, about ¼ of the ground surface area could be green roofs. The difference in the environmental effect if these are gravel roofs or green roofs calculated here is a minimum drainage reduction of 535 m<sup>3</sup> of water per hectare per year.

## **2 Introduction**

One of the main factors differentiating extensive green roofs from roof gardens or intensive green roof systems is that they receive no additional irrigation. The only plant species that will survive are those that can adapt to existing water resources and to this particular roof condition. Hence, depending on precipitation and other environmental factors, such as temperature and radiation, extensive green roof vegetation communities may differ over the years (Koehler, 2003). In dry years, the more sensitive plant species die back. In these opened gaps, mainly annual plants species can become established. Later, in the shade of these pioneer plants, perennial plants may establish themselves (Koehler et al 1993).

Extensive green roofs are “light-weight constructions,” meaning they can be installed on nearly all types of houses, and could have a wide distribution in cities. The combination of a number of extensive green roofs can yield a relevant influence on storm water management in urban areas. This paper is focussed on storm water management, while keeping in mind that this aspect is only one benefit of green roof systems.

Green roofs can be optimised for aspects of storm water management. To achieve this, as much flat roof area as possible would bear a thin layer of growing medium with high retention characteristics. Green roof systems consist of at least four elements that contribute to storm water management:

- the drainage layer
- the growing medium
- the vegetation layer
- and an overflow layer

According to the FLL (2002), a minimum 35mm water storage capacity should exist in the combined drainage and growing medium layers. The temporary overflow capacity can be calculated as an additional 5 mm of water storage. Hence, the water from most storm events can be retained on a green roof for a period of time. To enhance this retention attribute, an appropriate selection of porous materials should be used.

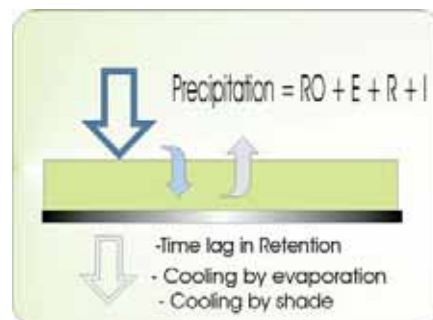
A typical bituminous roof has only the “overflow layer” characteristic. This means that not all rain runs off from a bituminous roof, because ponds or pools of water remain for a short time. A small amount of interception cooling will also take place on bituminous roofs, which accounts for about 10 % of the annual precipitation.

Typical gravel roofs have a final layer of about 5 cm depth, containing stones of between 16 - 32 mm diameter. This material has a retention rate of close to 0, but there are some “depressions” in between the stones where small amounts of water are retained. In Germany, gravel roofs are very common, since most architects prefer the benefits of this final layer. Still, gravel roofs exert nearly the same weight as extensive green roofs, so both of these final layers may be in competition with each other, and shall be compared in this paper.

During a rain event on a green roof, water infiltrates the growing medium and passes through to the drainage layer. A small proportion of the water runs off. Concurrently, the vegetation works to transpire water, while water also evaporates from the surface of the growing medium. Some water is captured on the leaves and surface structures of the green roof system, which is termed interception.

All of these components work together, but must be calculated separately in order to estimate their individual annual quantity, or ratio, during different climatic periods. The components are displayed in Figure 1. Only part of the rain runs off, since the balance evapotranspires over the following days. The challenge lies in calculating the daily

evapotranspiration values. Shading and evaporative cooling are the key green roof system characteristics that can be used calculate their contribution to the reduction of the urban heat island effect in cities.



**Fig. 1** Components of water balance of green roof systems (RO= run off, E= Evapotranspiration; R= Retention, I = Interception)

By comparison with virtually vegetation-free inner city areas, neighbourhoods with green roofs have a better run-off coefficient (coefficient of discharge). In the last few years, green roofs have become the focus of civil engineers to reduce the rain water quantity and rate of run-off from their properties (Koehler et al., 2002), and to manipulate the period of peak run-off. It is possible to calculate the effect of green roof systems for reducing run-off. This discharge ratio depends on the type of construction of the type of green roof (see FLL recommendation (2002) for discharge ratio between 0.1 and 0.8).

Civil engineers use similar values for calculating the size of cisterns required when planning to use rainwater in households and industry (see: ATV 138, 2002, see also the Building Norm DIN 1989-1, 2002). The discharge ratio for green roofs lies between 0.5 for intensive, and 0.3 for extensive, green roof systems.

In Germany the most common flat roof surface is the final gravel layer. In the following section, five types of extensive green roof systems are compared with a typical gravel layer roof system. This work is focussed only on the storm water benefits. There is no doubt that green roofs offer many more benefits, but the quantification of storm water effects has been of interest to the Neubrandenburg Centre for some years, and some questions have recently been answered.

### 3 Methods

The real discharge ratio can differ significantly from the values in critical conditions. What about heavy rainfall events, for example, when the system is already saturated with water? Or what happens if the system is air-dry and a storm event takes place?

The lysimeter, ombrometer and tipping gauge instruments, installed on the research roof in Neubrandenburg, can help find answers to these questions (Koehler, 2004).

The data set used for analysis was collected throughout the last year, and a total of 357 days have been analysed, mainly from between April 2004 to May 2005. The precipitation values are measured with a standard Lambrecht-ombrometer and manual collectors. Run-off / discharge water was measured by tipping gauges with capacity for about 1 Litre and 5 ml, and retention by weight using lysimeters with balances (Satorius).

The equipment is installed either on “real green roofs” of about 100 m<sup>2</sup> area, or on a research container on the roof of about 0,25 m<sup>2</sup> area. The daily evapotranspiration is the difference in the weight of the measurement plots (for further description of the equipment see [www.gruendach-mv.de](http://www.gruendach-mv.de); and Koehler, (2004).

## 4 Results

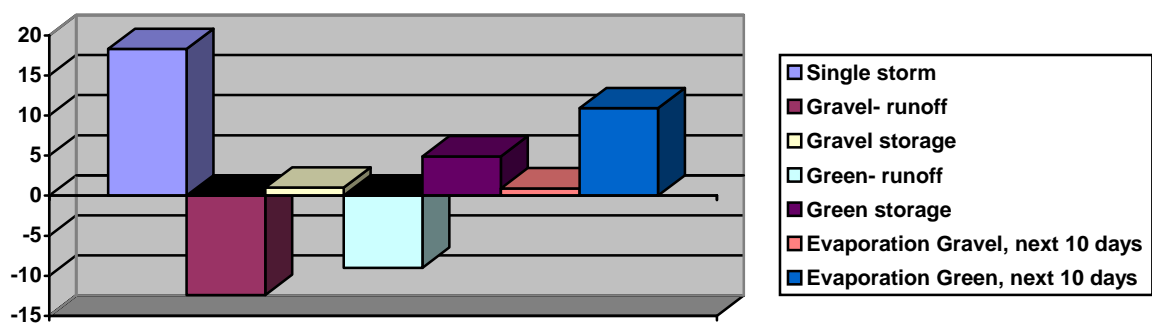
### 4.1 Discharge ratio

Data collection began in January 1999 and the annual discharge ratio of the extensive green roof systems was measured to have a mean value of 0.4 which, according to FLL (2002), is a good value. For the same time period, annual discharge ratio measurements for the gravel roof was about 0.8. Very good short- term discharge rate values were measured in July 2000, at about 0.05 for the green roof systems and 0.35 for the gravel roof, respectively.

Next we focussed on the last year, and selected the values for the six months without plant growth, i.e. winter conditions (1st Oct. – 31st March). During that time, total precipitation was 278 mm, and measurements show that green roof systems, real roof and experimental plots offered nearly the same discharge rate of 0.62. The gravel construction has a discharge ratio of 0.8, and there were no differences between summer and winter conditions. The difference of discharge rate between gravel and green roof systems was nearly 0.2, and was due to evapotranspiration, which also occurs during the winter season. During the measurement period of 181 days there was a difference in evaporation/ evapotranspiration between gravel and green roof systems of approximately 21 mm. The average daily evaporation rate of gravel structure is 0.35 mm, from the green roof systems about 0.5 mm.

#### 4.2 Heavy storm under wet pre-conditions in summer

What about the storage capacity if the system is already saturated? The period from summer 2004 can answer this question. During a rainy phase of several days, a storm event of about 18.3 mm occurred. Approximately 12.4 mm ran off the gravel roof immediately, giving a discharge rate of 0.7. The green roof had only 9 mm of run-off giving a discharge ratio of 0.5. A difference was also noted in the storage capacity. Although the green roof system was nearly full, some larger hollows inside the growing medium stored about 5 mm of additional water. The next ten days were without any new rain events, during which time 10.9 mm evapo-transpired from the green roof system. By contrast, only about 1 mm evaporated from the gravel roof. The event is displayed in Figure 2 below.



**Fig. 2** Single storm event in a period of rainy weather conditions (All values in mm).

#### 4.3 Heavy storm event under dry conditions in spring 2005

The spring of 2005 was characterised by a long dry period of about 16 days without rain. From the gravel plots, 0.5 mm of water evaporated in the first two days, after this they were desiccated. From the growing media, 0.5 – 0.1 mm evapo-transpired in the first two days, and about 7.1 mm over the whole period.

On this substrate a rain event of about 12.5 mm occurred. The gravel roof stored about 1.9 mm of water, and about 9 mm of water ran off. The green roof systems stored about 11 mm of water and only 0.2 mm of water was run-off. Until the next storm event, 2.0 mm evaporated from the gravel roof. At the same time, 5.8 mm evapo-transpired from the green roof at an average of 1.4 mm per day (Figure 3).

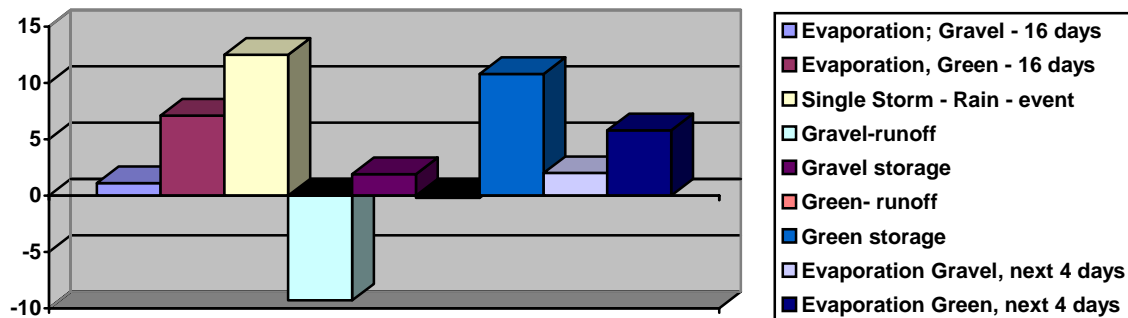


Fig. 3 Evaporation before and after a single rain event in April 2005-06-10

#### 4.4 Winter 2004/2005 with a single heavy rain

In Central Europe during the winter season, heavy storm events are rare. Either it will be freezing without rain or snow, or a period of several rainy days will occur. The following rainy period included a rain event of 13.5 mm which created very saturated conditions. The wet green roof stored about 1 mm of water. The run-off differed between the gravel and the green roof system, such that the run-off from the gravel was immediate, while that from the green roof system was slowed and occurred over a longer period of time (Figure 4). Evaporation/ evapotranspiration rates in winter vary between 0.1 and 1.0 mm of water, and depend mostly on wind speed factors.

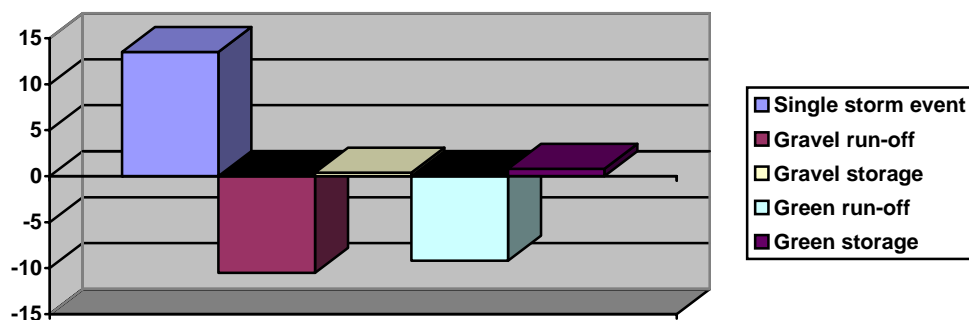


Fig. 4 Single rain event in winter (21 January, 2005)

## 5 Results for storm water management in cities using green roof infrastructure

As discussed already in this paper, extensive green roof systems have positive storm water management effects in both summer and winter periods. In terms of runoff discharge rates, green roofs effect a minimum range of about 10% better than gravel roofs during winter and up to 90% better under summer conditions.

Green roof construction reduces the quantity of run-off and shifts the peak run-off period. The best results are experienced during summer periods. Calculations allow the comparison of own results for climate data from the tropics in Brazil (Koehler et al, 2002). There, the green roof systems have the highest efficiency because high evapotranspiration rates match the high precipitation quantities.

Under winter conditions, with only low rain events and low daily evaporation rates, the benefit of the above mentioned effects is only a 10% improvement of discharge rate.

The efficiency discharge is influenced by the roof slope and the way the storm water must pass to the gutter or stand pipe (see calculation of the coefficient of discharge, in FLL, 2002; Roth-Kleyer, 2004). Green roofs could be designed to include "hilly landscaping," which would retain water on the roof tops for longer periods and provide the possibility of more evapotranspiration.

To estimate the daily water needs of green roof systems, the following table gives some evaporation rates of different times in years.

**Table 1** Daily water needs of green roof vegetation (own lysimetre measurements)

Time of year	Evaporation rate (mm)	Growing medium
Winter conditions,	0.1 – 0.5	Well saturated
Spring conditions	0.6 – 1.5	
Hot summer conditions	2 – 2.5	Well saturated

## 6 An overall calculation

As an example, the environmental mapping system of Berlin shows areas with different paved- indexes. See the interactive mapping system with the option to zoom down to the street level at (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/la102.htm>).

The inner City area of Berlin, for example, has a paved area of approximately 80% (streets and buildings). Of this area, 50% is roof surface. About half of these buildings are suited for the installation of extensive green roof systems. That means that about a quarter, or 2,500 m<sup>2</sup> of each inner City hectare, could be covered by green roof systems which would give an average discharge coefficient of 0.4.

The average annual precipitation for Berlin is 536 mm. The difference between the annual water retention of a gravel roof construction (annual retention 107 mm) and the green roof systems (annual retention 321mm) is 214 mm. For each inner city hectare this is about 535 m<sup>3</sup> of water retained per year. For each “greened” cubic metre, flat owners are exempt from paying rain water discharge fees! Further, the retained water has direct access to the inner city environmental water cycle.

Most of this retention will take place in summer periods when a cooling effect is required. After Koehler (2004), a calculation of the evaporative cooling was carried out. If about 50% of all roofs are either gravel or green roofs, the difference between existing and green roofed scenarios is 159KWh/m<sup>2</sup> cooling due to evaporative cooling by green roof systems. This is equivalent to 397,500KWh per hectare of inner City area per year.

As a final comment, other regions in Germany have higher annual precipitation rates, and so the discharge ratio of 0.4 would be at the lower end of efficiency. Hence, this small general calculation displays an aspect of the real potential which green roofs offer to enhance the environmental quality of inner city regions. To verify this model, future studies must integrate slope angle and intensity of the storm event.

## 7 References

- ATV – DVWK – Regelwerk A 138 (2002): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
- DIN 1989-1 (2002): Regenwassernutzungsanlagen. 2- 35
- FLL – AK, (2002): “Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Hrsg. Bonn. 95 S.
- FLL, ed. (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau) (2002): Guideline for the planning, execution and upkeep of Green roof sites. Bonn. (see: [www.fll.de](http://www.fll.de))
- KOEHLER, M. ed. (1993): Fassaden- und Dachbegruenung. Ulmer, Stuttgart 329 p.
- KOEHLER, M. (2003): Plant survival research and Biodiversity. Conference Proceedings “Greening rooftops for sustainable Communities. Chicago.
- KOEHLER, M. 2004: Energetic Effects of Green roof system on the Urban Climate near to the Ground. IGRA- Proceedings. P. 72 – 79.
- KOEHLER, M. M. Schmidt, F.W. Grimme, M. Laar, V.L. Paiva, S. Tavares (2002): Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics – far beyond the aesthetics. Environmental Management and Health. 13, 4 382 – 391.
- ROTH-KLEYER, S. (2004): Wasserhaushalt und Abflussverhalten von Gründächern. In: Int. Green roof Congress Nuertingen; S. 80 – 88.

## **8 Acknowledgements**

Thanks to Paul Early, who improved an earlier version of this text.

Prof. Dr. Manfred Köhler  
Univ. of Applied Sciences Neubrandenburg  
Postbox 110 121  
D- 17041 Neubrandenburg, Deutschland  
[manfred.koehler@fh-nb.de](mailto:manfred.koehler@fh-nb.de)  
[www.gruendach-mv.de](http://www.gruendach-mv.de)

# **Dachbegrünung am Potsdamer Platz und die Auswirkungen auf ein „Urbanes Gewässer“**

**Marco Schmidt, Dipl. Ing TU-Berlin, Institut für Landschaftsbau, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik, Deutschland**

**Gerhard Hauber, Dipl. Ing., Landschaftsarchitekt, Atelier Dreiseitl, Deutschland**

## **Abstract**

In der Planungsphase für das DaimlerChrysler Areal am Potsdamer Platz in Berlin, gab es hohe Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Gesamtprojektes. Im Bereich der Regenwasserbilanz bedeutete dies den Gesamtabfluss so zu reduzieren, dass er nach der Bebauung in etwa dem des unbebauten Grundstückes entspricht. Diese ehrgeizige Vorgabe wurde durch die Kombination von verschiedenen Maßnahmen erreicht:

- Dachbegrünung
- Retention (Einstau des „Urbanen Gewässers“)
- Regenwassernutzung (Nachspeisung Urbanes Gewässer, Toilettenspülung, Bewässerung)

Die Dachbegrünung ist hier zentraler Bestandteil eines Gesamtsystems und musste deshalb vielen Anforderungen genügen, die über jene eines normalen Gründaches hinausgehen. Wichtige Schlagworte hier sind:

Abschätzung des Begrünungserfolges (reduzierte Düngung), Regenwasserrückhaltevermögen und Begrenzung der Nährstoffabgabe an das Regenwasser. 1997 wurde deshalb eine Versuchsanlage entwickelt, die sich mit verschiedenen Substraten im Hinblick auf deren Fähigkeit, Niederschlagswasser zurückzuhalten und zum anderen, möglichst wenig Nährstoffe an das Ablaufwasser abzugeben. Die Ergebnisse dieses Versuchsaufbaus sind in den Bau des Gründaches eingeflossen. Im Zusammenhang mit vielen anderen Projekten werden aktuelle Ergebnisse der Forschung zum Abflussverhalten dargestellt. Neben den quantitativen Untersuchungen spielten am Potsdamer Platz aber auch qualitative Faktoren eine Rolle. Vor allem Stickstoffverbindungen und Phosphate als die wichtigsten Parameter einer hohen Beeinflussung der Wasserqualität im „Urbanen Gewässer“ wurden untersucht. Nachdem nun das System über 7 Jahre in Betrieb ist, kann aufgrund langjähriger limnologischer Untersuchungen am „Urbanen Gewässer“ ein Rückschluss über die Auswirkungen des Gründaches auf das Gewässer gezogen werden.

## **Rooftop greening at Potsdamer Platz and the effects on urban water**

The planning phase of the DaimlerChrysler area at Potsdamer Platz in Berlin had strict sustainability requirements as pertaining to the whole project. In terms of rainwater balance, overall runoff was targeted for reduction to pre-construction values. This ambitious target was achieved by combining a few measures, including rooftop greening, runoff retention (ponding of urban water) and re-use of rainwater (re-supplyment of urban water, toilet flushing, irrigation). Since rooftop greening was a central component of a greater system, the green roof aspect had many more requirements to fulfill than normal green roofs would. Some key efforts included estimating vegetation success without fertilization, the capacity for rainwater retention, and limited nutrient release into roof runoff. In 1997, a research facility was developed to determine the abilities of various substrates to retain rainwater and prevent nutrient-leaching into roof runoff. Findings from this set-up were incorporated into the construction of the green roof. Ongoing results from the research on runoff retention are presented in conjunction with many other projects. Further to quantitative studies, qualitative factors also play a role at Potsdamer Platz. In particular, the binding of nitrogen and phosphorous were studied as the most important parameters that influence the urban water. After the system has been in place for 7 years, long-term limnological studies of urban water will provide inference for the effects of the green roofs on water quality.

## 1 Einführung

Das 1998 fertig gestellte Urbane Gewässer am Potsdamer Platz war von Anfang mehr als nur ein großzügiges und architektonisch reizvolles Wasserbecken. Der Anspruch vom Auftraggeber, der heutigen DaimlerChrysler AG, war es, ein nachhaltiges, aber auch kosteneffektives Projekt zu entwickeln. Die Idee des Wasserbeckens wurde 1992 von Renzo Piano eingebracht, der einen privaten Investorenwettbewerb für das DaimlerChrysler Areal für sich entscheiden konnte und als zentrales Freiraumelement das so genannte Urbane Gewässer enthielt. Zur technischen und gestalterischen Umsetzung dieses künstlichen, innerurbanen Gewässers wurden 1994 wir vom Atelier Dreiseitl beauftragt.



**Foto 1** Urbanes Gewässer am Potsdamer Platz in Berlin

Sehr bald lagen auch die Anforderungen der Stadt an das Projekt im Hinblick auf das Regenwassermanagement auf dem Tisch und es war deutlich, dass diese sehr ehrgeizig waren. Der Abfluss aus dem Gebiet nach der Bebauung sollte dem Abfluss einer natürlich bewachsenen Fläche entsprechen, also etwa 3,2 l/sek/ha (Atelier Dreiseitl 1996). Dies konnte nur mit einem Paket an vielseitigen Maßnahmen erreicht werden (s. Abb. 1). Zum einen wurde von Anfang an die Regenwassernutzung in die Rechnung mit einbezogen. Teilweise als Betriebswasser für die Toilettenspülung und teilweise zur Bewässerung der Gärten. Darüber hinaus kann zum zweiten die gesamte Oberfläche des Gewässers bis zu max. 30 cm eingestaut werden. 15 cm davon sind ständig vorgehaltenes Retentionsvolumen von etwa 1.500 m<sup>3</sup> für Starkregenereignisse. Wichtigster Bestandteil des Regenwasserkonzeptes ist jedoch zum dritten die Begrünung großer Teile der etwa 40.000 m<sup>2</sup> Dachflächen. Allein dadurch konnte der Regenwasserabfluss erheblich reduziert werden.

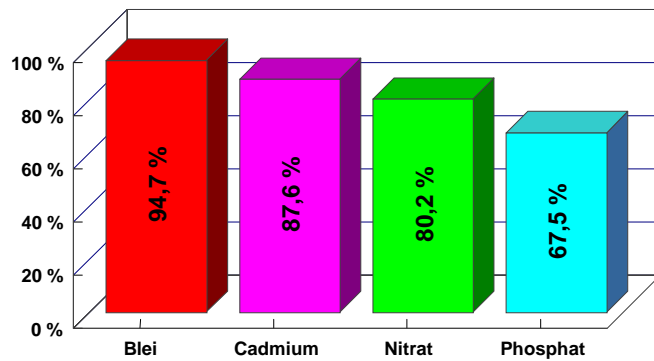


**Foto 2** Dachbegrünung am Potsdamer Platz, DCI

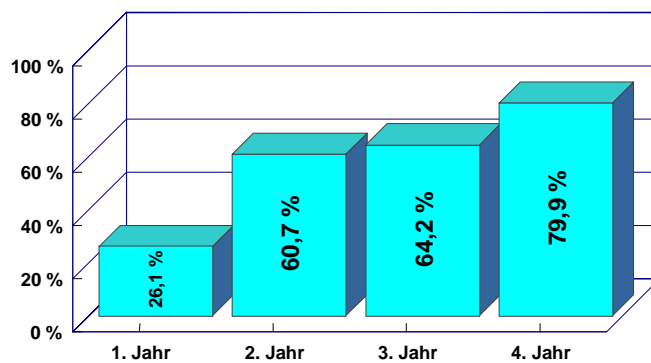


Durch die Dachbegrünung wurde die Zielsetzung verfolgt, die eingetragenen Nährstoffe im Dachsubstrat zu speichern und über die Begrünung dauerhaft den Nährstoffaustrag zu minimieren. Gleichzeitig war aber auch Zielsetzung, den Pflanzen genügend Wachstumsbasis zu bieten, um eine dauerhafte Begrünung zu gewährleisten. Dies war die Ausgangssituation für die vorbereitenden Untersuchungen, welche von der TU Berlin durchgeführt wurden (vgl. Schmidt, Teschner 2000).

Ende der 80er Jahre durchgeführte Untersuchungen von Köhler und Schmidt zeigten, welches Potential beim Nährstoffrückhalt durch Dachbegrünungen besteht. Dies ist insbesondere für Gebiete mit Trennkanalisation interessant, die direkt in die Oberflächengewässer entwässern. Voraussetzung für den Nährstoffrückhalt ist in jedem Fall der vollständige Verzicht auf Düngergaben und die Verwendung humusarmer mineralischer Substrate. Auch Recyclingmaterialien schließen sich zumeist aus. Abbildung 2 zeigt die Bilanz des Nährstoff- und Schwermetallrückhalts in Prozent vom Eintrag, gemessen an Versuchspartzen der TU Berlin in Charlottenburg (Versuch Englische Straße). Als Substrat wurde ein anlehmiger Sand verwendet. Der dargestellte Stoffrückhalt ist Ergebnis von jeweils 36 monatlichen Analysen im dreijährigen Mittel nach dem Versuchsaufbau. Abbildung 3 stellt die Zunahme des Phosphatrückhalts mit Etablierung der Vegetation dar. Der Austrag orientiert sich zum einen an der erfolgreichen Etablierung der Vegetation, zum anderen am Depot, das mit dem Substrat auf das Dach gebracht wird. Je nach Herkunft des Substrats und Anteil an organischem Material kann insbesondere in der Anfangsphase ein erhöhter Stoffaustrag zu beobachten sein (vgl. Köhler, Schmidt 1999).



**Abb. 2** Stoffrückhalt extensiv begrünter Dächer (Rückhalt in Prozent vom Eintrag im dreijährigen Mittel nach der Begrünungsmaßnahme)



**Abb. 3** Entwicklung des Phosphatrückhalts nach der Begrünungsmaßnahme (Rückhalt in Prozent vom Eintrag)

In Orientierung an den damaligen Untersuchungen wurden für das Projekt am Potsdamer Platz drei erfolgversprechende Dachbegrünungssubstrate auf ihre Fähigkeit zum Stoffrückhalt untersucht. Zuvor wurde im Labor eine erste Auswahl über ein Screening mit vereinfachten Methoden über eine Vielzahl an auf dem Markt befindlichen Substraten als Entscheidungshilfe durchgeführt. Beispielsweise wurden Substrate mit einer definierten Menge an destilliertem Wasser beaufschlagt und die Leitfähigkeit des Perkolats bestimmt.

In Absprache mit dem Landschaftsarchitekten Daniel Roehr wurde nach den ersten Ergebnissen ein lavabasiertes Substrat (Zeoflor 4/8), ein Blähschiefer (Ulopor 1/11) und ein Sand/ Lava/ Bimsgemisch (Terramineral „Z“) in die engere Wahl gezogen. Die Substrate wurden auf bereits seit Anfang der 80er Jahre bestehenden Versuchspartellen auf dem Institutsgelände der TU Berlin mit jeweils 2 m<sup>2</sup> Größe aufgebracht. Im Folgenden wurde das Niederschlags-/ Ablaufverhalten und der Stoffrückhalt im Percolat im Vergleich mit einem unbegrüntem Dach und älteren Dachpartellen untersucht.

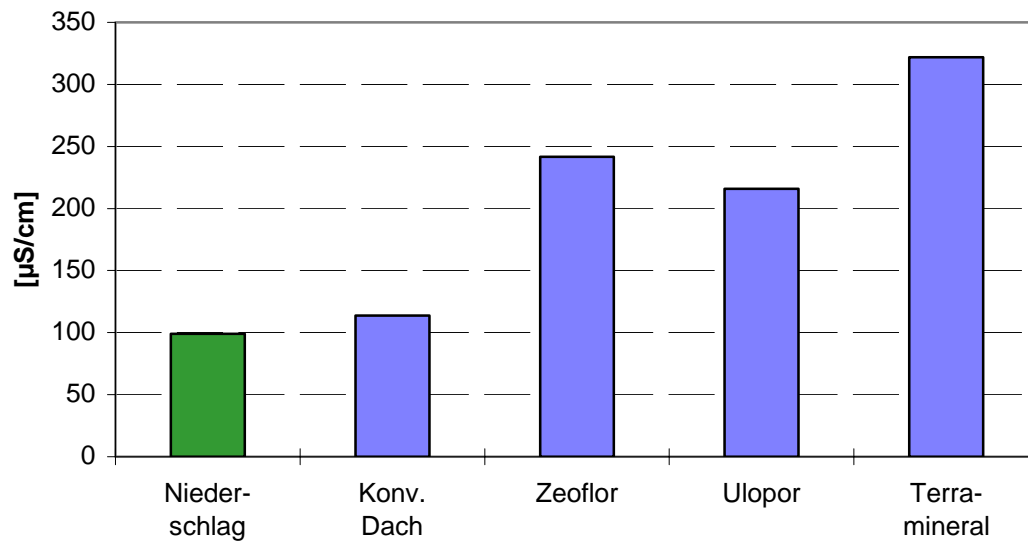


**Foto 3** Aufbringung der Substrate auf Versuchspartzen der TU Berlin, Fertigstellungspflege mit Regenwasser aus einer benachbarten Versuchsanlage

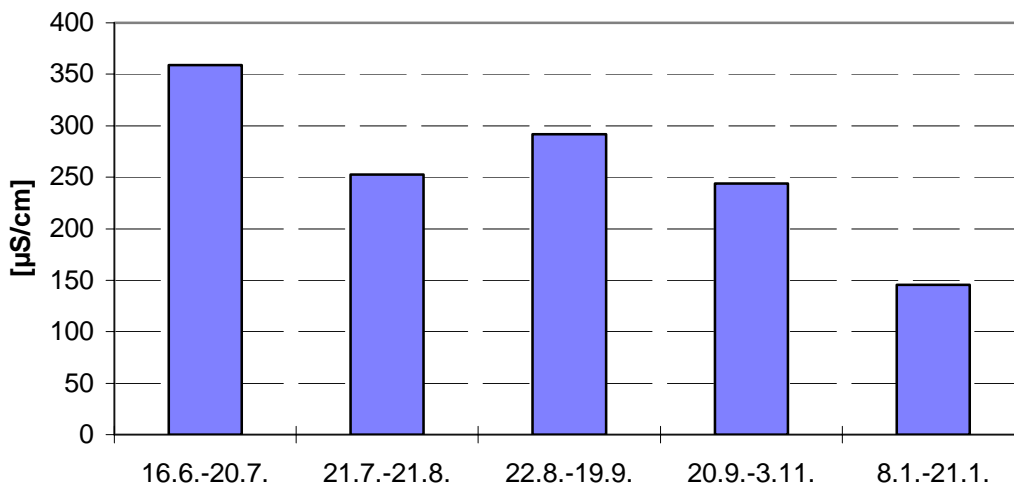
**Tab. 1** Bodenphysikalische Eigenschaften der untersuchten Substrate sowie Vergleich zur Lieferung (Dachprobe)

	Terramineral „Z“		Zeoflor	Ulopor	
Korngröße [Gew. %]	Muster	Dachprobe	Muster (4/8)	Muster (1/11)	Dachprobe (3/11)
> 6,3 mm	21,39	28,37	31,34	34,98	35,13
> 4 mm	33,08	29,23	51,18	35,45	30,68
> 2 mm	11,89	15,18	17,17	25,95	33,94
> 0,63 mm	22,49	22,97	0,12	3,31	0,21
< 0,63 mm	11,15	4,25	0,19	0,31	0,04
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Feldkapazität [Vol. %]	33,8		25,6	22,3	
Dichte [t/m³]	0,93		0,94	0,68	

Die Messung der **elektrischen Leitfähigkeit** ergab im Vergleich zur Leitfähigkeit des im Untersuchungszeitraum gefallenden Niederschlags, dass alle Abläufe einen Anstieg aufzeigten, dass also Stoffe, primär Salze, aus allen Substraten ausgetragen werden (Abb. 4). Die Leitfähigkeitswerte liegen bei Zeoflor und Ulopor zwischen 200 und 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und bei Terramineral „Z“ bei 320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Im Verlauf des Untersuchungszeitraums zeigt sich eine erwartete Reduzierung der Leitfähigkeitswerte im Ablauf (Abb. 5).

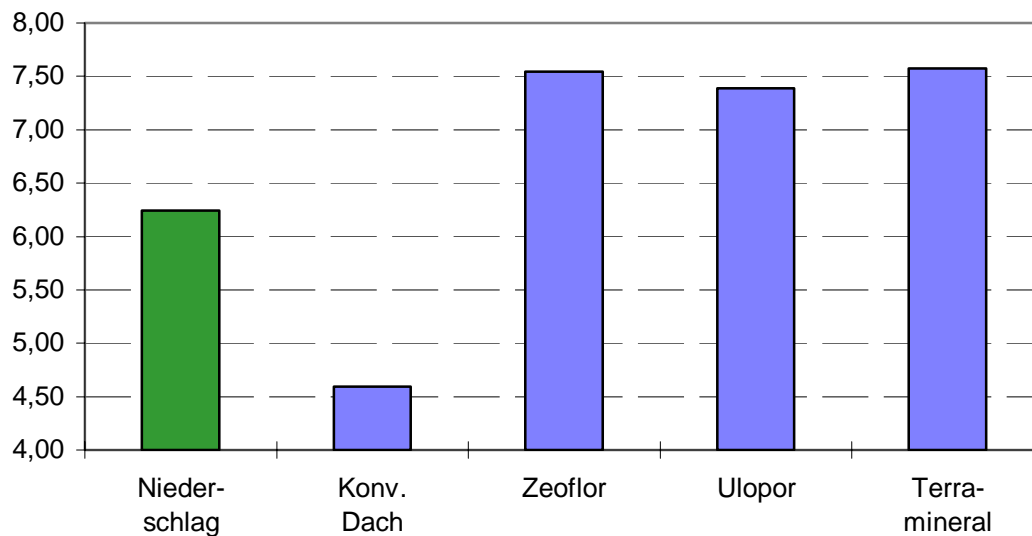


**Abb. 4** Leitfähigkeit (Mittel) des Ablaufs der Untersuchungsvarianten



**Abb. 5** Verlauf der Leitfähigkeit des Ablaufs im Mittel der 3 Varianten

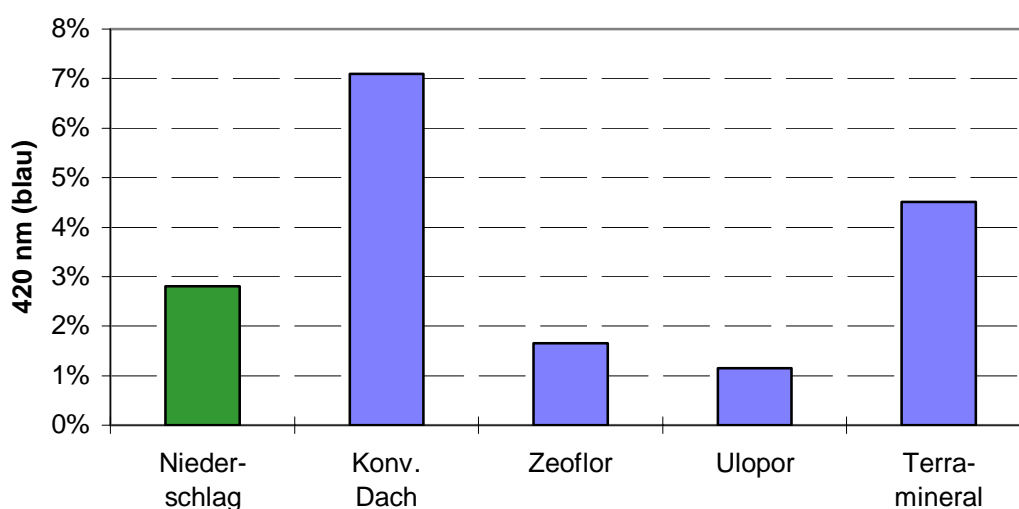
Auch beim **pH-Wert** ergab sich eine erwartete deutliche Veränderung gegenüber dem Eintrag (s. Abb. 6). Niederschlagswasser gehört wegen seiner geringen Gesamthärte und geringem pH-Wert zu den sehr weichen, wenig gepufferten (aggressiven) Wässern. Der pH-Wert des Niederschlags liegt durchweg im leicht sauren Bereich. Die Abläufe des versiegelten Daches weisen darüber hinaus noch deutlich niedrigere pH-Werte von teilweise bis zu pH 3,2 auf. Im Hinblick auf das Puffervermögen (insbesondere bei länger anhaltenden Niederschlägen) zeigen sich Zeoflor und Terramineral „Z“ geeigneter als Ulopor. Bei länger anhaltenden Niederschlagsereignissen ist bei allen Abläufen aufgrund der sinkenden Verweilzeiten eine Abnahme der pH-Werte festzustellen.



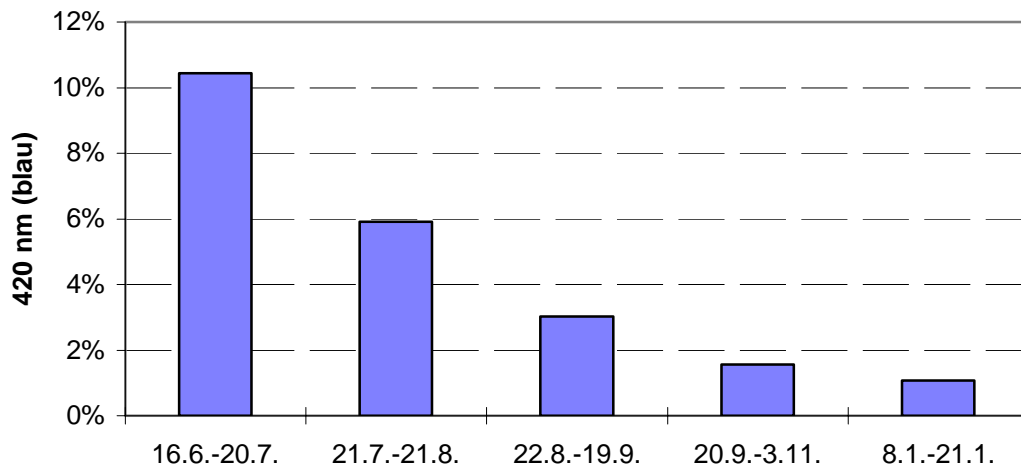
**Abb. 6** pH-Wert (Mittel) des Ablaufs der Substratvarianten vom 7.8.97-21.1.98

Die Trübung des Ablaufwassers erlaubt Rückschlüsse auf den Grad der jeweiligen Auswaschungen. Sie wurde als Extinktion an einem Photometer der Firma Perkin Elmer für die Wellenlängen 245, 420 und 530 nm bestimmt. Durch eine besonders geringe Trübung zeichnet sich der Blähschiefer aus (Abb. 7). Insbesondere zu Beginn der Untersuchung wurde der Unterschied in Färbung und Trübung im Gegensatz zu den anderen beiden Substraten sichtbar. Die Trübung bei Terramineral ist aufgrund des Bimsanteils im Substrat vergleichsweise sehr hoch. Die Trübung wird für die nachfolgenden Nutzungen Toilettenspülung und urbanes Gewässer als nachteilig gesehen.

Die stärkste Trübung ist jedoch am Ablauf vom ebenfalls gerade erst errichteten Bitumendach zu verzeichnen. Dies ist interessant, da weitläufig Dachbegrünungen infolge der Trübung des Dachablaufs als Problem für Regenwassernutzungen gesehen werden, Bitumendächer aber zu Beginn eine sogar stärkere Trübung zeigen können. Die Trübung der Dachabläufe nimmt nach der Begrünungsmaßnahme bereits innerhalb der ersten 6 Monate stark ab (Abb. 8). Bei der Verwendung eines hohen organischen Anteils in den Substraten kann dieser Prozess allerdings so lange dauern, bis die Organik zu einem Anteil von 2-3 Gew-% mineralisiert wurde. Dies entspricht auch dem Prozess auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und ist als natürlicher Verlauf zu charakterisieren. Bei der Auswahl der Substrate wurde in diesem Projekt daher konsequenterweise vollständig auf einen organischen Anteil verzichtet.



**Abb. 7** Trübung des Ablaufs der Untersuchungsvarianten vom 7.8.97- 21.1.98



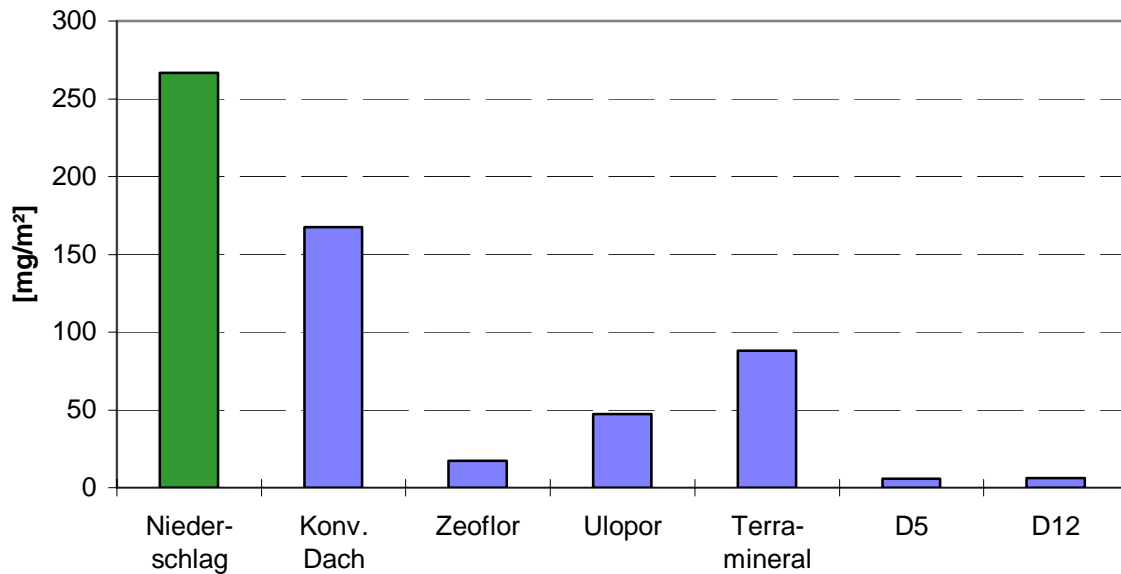
**Abb. 8** Verlauf der Trübung des Ablaufs aller Substratvarianten vom 7.8.97- 21.1.98

Der Eintrag von **Stickstoffverbindungen** insbesondere in die in diesem Projekt zu betrachtenden urbanen Gebiete erfolgt über zwei Wege, über die Trockendeposition von Stäuben sowie über die im Niederschlag gelösten Verbindungen. Nitrat und Ammonium machen ca. 1/6 des Feinstaubs in Berlin aus (SenStadt 1995), die vor allem aus den Verbrennungsmotoren der Kraftfahrzeuge und aus Feuerungsanlagen stammen. Ammonium wird in der Atmosphäre aus Ammoniak gebildet, der aus den in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemitteln und der Tierhaltung stammt.

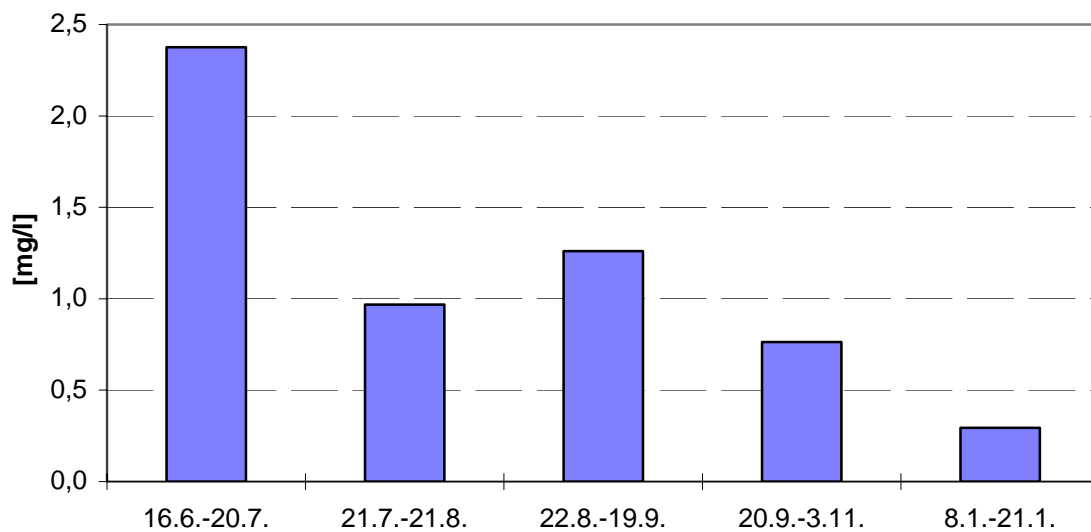
Der Eintrag von Nitrat im Niederschlag auf den Versuchspartzellen lag mit 1,98 mg/m<sup>2</sup> pro Tag deutlich unter den Werten von 7,4 mg/m<sup>2</sup> für Innenstadtbereiche wie dem Potsdamer Platz (10). Auch der Ammoniumeintrag von 1,19 mg/m<sup>2</sup>d im Untersuchungszeitraum liegt unter den vom TÜV ermittelten 2,4 mg/m<sup>2</sup>d.

Die Abbildungen zum Stickstoffaustrag (Abb. 9 und 10) beziehen sich auf die Summe an elementarem Stickstoff (N) aus NO<sub>3</sub>-N und NH<sub>4</sub>-N. Da Ammonium auf den Flächen im Zuge der Nitrifikation in Nitrat umgewandelt wird, ist eine zusammenfassende Darstellung beider Stickstoffverbindungen angemessen.

In der Stickstoffbilanz zeigen Zeoflor und Ulopor einen guten Rückhalt. Terramineral weist eine ebenfalls gute Bindung von Nährstoffen auf, jedoch in einem deutlich geringeren Umfang. Dies ist auf einen Nährstoffanteil des im Substrat vorhandenen Bims zurückzuführen, der auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen gewonnen wurde.



**Abb. 9** Ein- und Austrag von Stickstoffverbindungen(N) vom 7.8.-3.11.97 sowie 8.1.-21.1.98 (Summe NO<sub>3</sub>-N und NH<sub>4</sub>-N)



**Abb. 10** Verlauf des Nährstoffaustrags im Mittel der 3 Untersuchungsvarianten (Summe NO<sub>3</sub>-N und NH<sub>4</sub>-N)

**Phosphat** stammt wie Ammonium größtenteils aus dem Düngemiteleintrag in der Landwirtschaft und gelangt durch einen Ferntransport von Schwebstaub in das Berliner Stadtgebiet (TÜV 1988). Die verhältnismäßig hohen Ablaufkonzentrationen der Substratdächer mit im Schnitt 1,9 mg/l Orthophosphat-Phosphor (o-PO<sub>4</sub>-P) sind auf den hohen Eintrag von den in unmittelbarer Nähe gelegenen landwirtschaftlichen Versuchsflächen der TU Berlin sowie der Humboldt-Universität zurückzuführen (s. Abb. 11). Ein Rückhalt von Phosphat ist erst nach erfolgreicher Etablierung der Vegetation zu erwarten. Dies zeigen insbesondere die Vergleichsmessungen zu den bereits ca. 1980 begrünt Versuchspartzen (D5 und D12), deren Austrag mit 5-10 mg/m² um ein Vielfaches unter denen der noch weitgehend unbegrünten Substratvarianten lag.

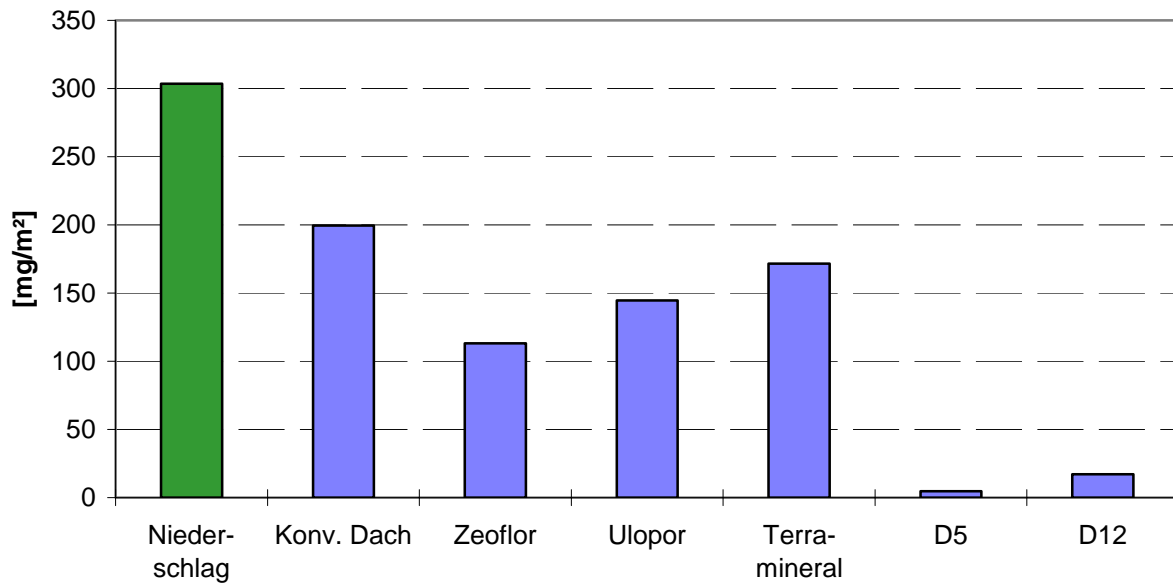


Abb. 11 Ein- und Austrag o-PO<sub>4</sub>-P vom 7.8.-3.11.97 sowie 8.1.-21.1.98

#### 4 Ergebnisse und Bewertung

Begrünte Dächer können durch einen gezielten Nährstoffrückhalt deutlich zum Schutz der Oberflächengewässer beitragen. Dies ist insbesondere für Begrünungen in Gebieten mit Trennkanalisation relevant. Auch in Kombination mit Maßnahmen wie der Regenwassernutzung und künstlicher Gewässer können Synergien durch die Begrünung erzielt werden, sofern einige Kriterien bei der Substratwahl Berücksichtigung finden. Die Höhe des Nährstoffrückhalts und der Trübung des Dachablaufs ist abhängig von der Schichtdicke, den Substratbestandteilen und der Art des Bewuchses. Je nach Substrat und Art der Fertigstellungspflege kann dagegen auch ein deutlich erhöhter Austrag von Nährstoffen entstehen.

Für die Dächer am Potsdamer Platz wurde eine spezielle Begrünung ausgeführt, die den Dachablauf bei Starkregen reduzieren soll und gleichzeitig den Stoffaustrag minimiert bzw. den Nährstoffrückhalt optimiert. Auf Düngergaben sowie einen organischen Anteil im Substrat wurde vollständig verzichtet.

Die Voruntersuchungen ergaben, dass der Bimsanteil im Substrat Terramineral einen erhöhten Stoffaustrag verursachte (vgl. Tabelle 2). Das Substrat Zeoflor führte aufgrund der eingeschränkten Korngrößenzusammensetzung (4/8) zu erhöhten Abflussintensitäten bei Starkniederschlagsereignissen. In der Aggregation aller Kriterien ergab sich für alle Substratvarianten ein vergleichbares Bewertungsergebnis, obwohl im Detail der Substrateigenschaften deutliche Unterschiede zu erkennen sind. Aufgrund der beschriebenen Ergebnisse wurde am Potsdamer Platz eine Zweischichtbegrünung aus Terramineral und Ulopor durchgeführt, um die positiven Eigenschaften der Substrate bezüglich Wasser- und Nährstoffrückhalt zu kombinieren. Der Begrünungserfolg bei Terramineral entwickelte sich am günstigsten. Im Gegensatz zu Substraten mit hohen anfänglichen organischen Anteilen und gezielten Düngergaben war bei allen Varianten eine zu erwartende verzögerte Entwicklung der Vegetation festzustellen.

**Tabelle 2** Vergleichende Bewertung der beprobten Dachsubstrate

	<b>Zeoflor</b>	<b>Ulopor</b>	<b>Terramin. Z</b>
Stoffaustrag N	++	0	-
Stoffaustrag P	+	0	-
Trübung des Ablaufs	+	++	-
Eigengewicht wg. pot. Winderosion	+	-	+
Korngrößenverteilung	-	+	++
pH-Puffer	+	+	++
Feldkapazität, Wasserrückhalt	0	0	++
Abflussverzögerung	-	++	+
Begrünungserfolg	0	0	0 bis +
<b>Wertung in Punkten</b> <b>++ = 3 + = 2 0 = 1</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14,5</b>

Als Ergebnis der Begrünungsmaßnahmen am Potsdamer Platz hat sich im Lauf der Jahre eine ausgezeichnete Wasserqualität eingestellt. Regelmäßige Untersuchungen des Instituts für angewandte Gewässerökologie in Seddin zeigen, dass das Gewässer mit im Schnitt 29 µg/l Nitrat und 13 µg/l Gesamt-Phosphor im oligotrophen Bereich anzusiedeln ist. Die Wassergüte ist mit den besten Seen in Brandenburg vergleichbar. Dies ist durch kontinuierliche Wasseranalysen über die letzten 7 Jahre belegt (J. Meisel 2005). Im Vergleich mit Messungen, die den Zisternen genommen wurden, wird aber deutlich, dass über den Dachablauf, der von den zu 50% unbegrünten Dächern kommt, erhebliche Stickstoff- und Phosphatmengen anfallen. Ein Teil dieser Nährstoffe wird bereits in den Zisternen zurückgehalten. Entsprechend der Prozesse, die an weiteren Regenwassernutzungsanlagen beobachtet wurden und die ansonsten in den Oberflächengewässern stattfinden, werden diese Nährstoffmengen als Schlamm abgesetzt. Der Anteil, der dennoch von den Zisternen in das Gewässer gelangt, wird über ein sogenanntes Reinigungsbiotop bewirtschaftet. In Anlehnung an Pflanzenkläranlagen wurde ein bepflanzter Kiesfilter entwickelt, durch den die Wassermengen im urbanen Gewässer zirkuliert werden. Hierbei werden die im Wasservorhandenen Nährstoffe in Biomasse umgesetzt. Um einen optimalen Nährstoffrückhalt auch im Reinigungsbiotop zu erzielen, wurden parallel zu den Untersuchungen von Dachbegrünungssubstraten auch Substrate für das bepflanzte Reinigungsbiotop untersucht (Teschner, Schmidt 2000).

Trotz dieser guten Wasserqualität trübt die Algenblüte im Frühjahr und Spätsommer die ansonsten hohe Akzeptanz des Gewässers. Es ist vielen Menschen nur schwer vermittelbar, dass dies ein natürlicher Prozess ist und nicht direkt mit der Qualität des Wassers gleichzusetzen ist.

Die Idee des Reinigungsbiotops für Regenwasser wurde auch an kleineren Projekten weiterentwickelt und ist beispielsweise an der Universität Potsdam als innovative Lösung für einen Feuerlöschteich zu besichtigen.

## 5 Literatur

- Atelier Dreiseitl 1996: Bemessung der Starkregenspeicher im Planungsgebiet Potsdamer Platz Berlin. Gutachten, 46 S.
- Köhler, M. und M. Schmidt 1999: Langzeituntersuchungen an begrünten Dächern in Berlin – III Stoffrückhalt. In: Dach + Grün 4/99, S. 9-14.
- Meisel, J. 2005: Überwachung der Gewässergüte des Urbanen Gewässers am Potsdamer Platz, Berlin. Unveröffentlichte Analysen. Institut für angewandte Gewässerökologie, Seddin.
- Schmidt, M. und Teschner, K. 2000: Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz - Teil 1: Stoffrückhalt extensiver Dachbegrünung. In: gwf 10/2000, S. 670-675.
- SenStadt 1995 – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (Hrsg.): Umweltatlas Berlin. Berlin (1995).
- Teschner, K. und Schmidt, M. 2000: Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz - Teil 2: Regenwasserreinigung über ein Reinigungsbiotop. In: gwf 11/2000, S. 773-779.
- TÜV – Technischer Überwachungs-Verein: Messungen der Luftqualität in Berlin (West) 1988. Technischer Bericht Nr. D-89/185, Berlin

Dipl. Ing. Marco Schmidt  
TU-Berlin, Institut für Landschaftsbau, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik  
Albrecht-Thaer-Weg 2  
D- 14196 Berlin, Deutschland  
Marco.Schmidt@TU-Berlin.de

Landschaftsarchitekt Dipl. Ing. Gerhard Hauber  
Atelier Dreiseitl  
Nussdorfer Strasse 9  
D- 88662 Überlingen, Deutschland  
gerhard.hauber@dreiseitl.de

## **Session 3A:**

### **Habitats on the roof:**

#### **eco system - biodiversity – nature conservation**

***Lebensraum Dach:***

***Ökosystem – Biodiversität – Naturschutz***

# Naturschutz auf dem Dach: Bodenbrütende Vögel auf Flachdächern

Nathalie Baumann, Hochschule Wädenswil, Schweiz

## Abstract

Die Schweiz hat eine aussergewöhnlich hohe biologische Vielfalt – die durch dichte Besiedlung unter Druck gerät. Der Flächenverlust an natürlichen Habitaten ist erschreckend zunehmend und trifft verschiedene Tier- und Pflanzenarten, die dadurch gezwungen sind, neue Lebensräume zu finden. In Basel konnte durch eine umfangreiche Untersuchung nachgewiesen werden, dass sich auf Dachbegrünungen aus Sicht des Naturschutzes wertvollere Lebensräume entwickeln, als bisher angenommen wurde. Es wurde aufgezeigt, dass Vögel Dachbegrünungen gezielt nutzen, hauptsächlich um Nahrung und Nistmaterial zu suchen. Die häufigsten Nutzer sind Arten von offenen Natur- und Kulturlandschaften. Daraus wird deutlich, dass begrünte Dachflächen von Vögeln aufgenommen und in ihr Habitatmosaik im Siedlungsraum einbezogen werden. Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass die Bodenfauna (Spinnen, Käfer), bestehende aus flugfähige Organismen, fast ungestörte Trockenhabitate auf den Dächern vorfinden, welche ihnen sogar teilweise bessere Etablierungsmöglichkeiten geben, als periodisch unter Störeinflüssen (Pfleagemassnahmen, Mähen etc.) stehende vergleichbare Standorte am Boden. Eine weitere mögliche Funktion dieses Lebensraumes sind Brutstandorte für bodenbrütende Vogelarten. Aus der Literatur sind schon einige Beobachtungen, insbesondere Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*), Kiebitze (*Vanellus vanellus*) und Feldlerche (*Alauda arvensis*) bekannt, wo solche Bruten belegt wurden. Leider fehlt es bis heute noch an wissenschaftlichen Grundlagen, die Erkenntnisse geben könnten, wie die Brutentwicklung auf Flachdächern vor sich geht und ob Flachdächer als optimale Ersatzlebensräume genutzt werden können. Doch aufgrund des grossen Potenzials an noch unbegrünten Flachdächern in Industrie- und Gewerbegebieten in Siedlungsrandanlagen kann erwartet werden, dass eine konsequente und grossflächige Begrünung hier erhebliche Verbesserungen für Vögel bringen dürfte. Im Projekt „Bodenbrütende Vögel auf Flachdächern“, der Hochschule Wädenswil sollen über mehrere Jahre verschiedene Standorte untersucht und beobachtet werden. Zurzeit gibt es offiziell drei Standorte in der Schweiz wo bodenbrütende Kiebitze beobachtet werden konnten.

## Conservation on the roof: Ground-nesting birds on green roofs

Switzerland has an exceptionally high biodiversity, but this is under pressure from intensifying development pressure. The loss of natural habitat is increasing with alarming speed, forcing many animal and plant species to either find new habitats or to perish. With regard to conservation, a comprehensive study in Basel has proven that green roofs can develop into much more valuable habitats than previously believed. The study showed that birds use green roofs selectively, mostly for food and nesting materials. The species that use green roofs the most prefer open landscapes, both natural and cultural. It is clear that birds can assimilate green roofs into their habitat mosaic and thus move into developed areas. It was also proven that flight-capable, ground-dwelling fauna (spiders, beetles) find virtually undisturbed, dry habitats on the roofs which provides them with better chances for establishment compared to similar ground-level habitats that experience disturbances (maintenance, mowing, etc.). A further possible function of this living area is nesting habitat for ground-nesting birds. The literature has observed evidence of such nesting, especially by Riverplover (*Charadrius dubius*), Lapwing (*Vanellus vanellus*) and Skylark (*Alauda arvensis*). There is, however, no scientific foundation of knowledge on how breeding on flat roofs might proceed, or whether flat roofs could even serve as optimal replacement habitats. Still, it can be expected that the widespread greening of un-greened flat roofs of industrial and commercial areas would provide significant improvements for bird life. University of applied sciences Wädenswil's project, "Ground-nesting birds on green roofs," will be studying and observing different sites over several years. There are currently three official sites in Switzerland where ground-nesting Lapwing can be observed.

## 1 Einleitung

Gesamthaft gesehen nehmen die naturnahen Flächen in Quantität wie in Qualität weiter ab. Freiräume werden noch immer versiegelt – die herkömmliche Siedlungsplanung sieht kaum ökologischen Nischen vor, obwohl im Siedlungsraum ökologisches Potential vorhanden wäre. Zu den am meisten zerstörten oder unter starkem Nutzungsdruck stehenden Lebensraumtypen gehören von der Topographie her, in der Schweiz, in Grossbritannien und weltweit, Tallagen und Tiefländer. Auf der einen Seite ist es die ebene Ausrichtung des Untergrunds, welche bauökonomisch für Bauten der Verkehrsinfrastruktur, Industrie- und Gewerbeanlagen sowie Wohnsiedlungen von Bedeutung ist. Andererseits sind hier – das Problem akzentuierend – durch Gewässerkorrekturen für den Hochwasserschutz und Meliorationen für die landwirtschaftliche Produktion auch massive Eingriffe erfolgt, welche das heutige Erscheinungsbild prägen. Kaum erstaunlich ist deshalb, dass Vogelarten, welche von ihren ökologischen Ansprüchen her an naturnahe Flussuferbereiche/Feuchtgebieten gebunden sind, heute in ihrem Bestand stark gefährdet sind.

In den Städten und in den Randgebieten von Siedlungen gibt es noch sehr viele unbegrünte Flachdächer, insbesondere an grossflächigen Industrie- und Gewerbebauten. Eine umfangreiche Begrünung dieser Flächen dürfte einen grossen Effekt mit sich bringen und diese Dachbegrünungen würden schon aufgrund ihres Umfangs eine hohe Relevanz für die Aufwertung der städtischen Lebensräume sowie für Natur- und Artenschutz wie zum Beispiel bei Vögel, Spinnen und Käfer haben (BRENNEISEN 2003). So könnte für Bodenbrütende Vogelarten – im Verbund mit den ökologischen Ausgleichsflächen in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten – geeignete Lebensräume geschaffen werden. Ein wichtiger Teil dieses Projekts ist das Anlegen von verschiedenen Versuchsdächern, um die Funktionalität neuer Gestaltungsmöglichkeiten, mit unterschiedlichem Substrat, variierender Topographie und Vegetation, zu untersuchen. Dies geschieht im Zusammenhang mit den Habitatsbedürfnissen der Bodenbrütenden Vogelarten (Ökologie dieser Arten), um Etablierungsmöglichkeiten und Chancen von Brutnachweisen jener Arten zu untersuchen (Erfolgskontrolle).

In Kooperationen und Partnerschaften, welche aktuelle Bauprojekte in sensiblen Naturräumen mit den wissenschaftlichen Fragestellungen in das Gesamtprojekt verbinden und integrieren, soll ein maximaler Praxisbezug mit Umsetzungsergebnissen erzielt werden. Insbesondere werden folgende Teilziele gesetzt:

1. Erarbeiten von Kenntnissen zur Nutzung von Dachbegrünungen durch Vögel (erforschen von Zusammenhängen zwischen Nutzungstyp, Vogelarten, Dachtypen und Umfeld – aufbauend auf vorhandenen avifaunistischen Untersuchungen)
2. Ökologisch optimale Bedingungen auf Dachbegrünungen für Bodenbrütende Vogelarten definieren und dazu Modelldächer entwerfen (ziel- und bedarfsorientierte Einrichtungen) und deren Wirkung auf Bodenbrütende Vogelarten erfassen (Erfolgskontrolle)
3. Einbindung der Ergebnisse in die ökologische Gesamtbewertung von Dachbegrünung im Wirkungsgefüge des natürlichen Ökosystems.
4. Ziel ist es die Biodiversität zu erhalten und nachhaltig zu nutzen – ökologisch begrünte Flachdächer sind und können ein Ersatzbiotop für bedrohte Tier- und Pflanzenarten sein.

## 2 Flachdächer und Avifaunaforschung

Vögel wählen bevorzugt, wie auch andere flugfähige Organismen (z.B. Insekten), die Trockenhabitate auf Dächern aus, da sie nicht auf periodischen Störeinfluss, wie z.B. Mähen, Pflege von Wiesen, Parks etc., stossen. Abgesehen von Einzelbeobachtungen (KAELIN 1992, WEBER 2002, SCHNEIDER 2004) bekannt aus der Literatur, gibt es noch kaum systematischen Untersuchungen zur Nutzung der begrünten Flachdächer durch Vögel (BRENNEISEN 2003, BURGESS 2004). Die bisherigen Studien befassten sich lediglich mit der Nutzung von Dachbegrünungen als Nahrungshabitat. Die Beobachtungsreihen waren kurz und methodisch nicht darauf ausgerichtet Bodenbrütende Vögel systematisch zu erfassen. Das Verhalten von Alt- und Jungvögel auf Flachdächern ist zurzeit noch wenig erforscht, dass man dazu Richtlinien erstellen kann. Es bedarf noch genauerer Untersuchungen.

Die in diesem Projekt vorgesehenen Vogelarten: Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*), Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Feld- und Haubenlerche (*Alauda arvensis*, *Galerida cristata*) gehören zu Arten, die zum Teil in europäischen Biodiversitätsprogrammen (Natura 2000, Smaragd-Netzwerk etc.) als Prioritätsarten deklariert sind. Der Flussregenpfeifer gehört zu den Arten (Tier-, Pflanzenarten und Lebensräume), die in Natura 2000 deklarierten Schutzgebieten besondere Massnahmen erforderlich sind, damit sie, falls vorkommend, erhalten bleiben können. In der Schweiz, da nicht EU-Land, wird das Programm „Smaragd europäisches Netzwerk“ (Berner Konvention) genannt und folgt den gleichen

Kriterien wie die im „Natura 2000 – Programm“ formulierten. Der Kiebitz und die Lerchen sind Prioritätsarten in der Artenförderungsprogrammen der Vogelschutzorganisationen in der Schweiz (BirdLife, Vogelwarte Sempach, etc.) (BOLLMANN 2002).

Es wurde berichtet, dass Bodenbrütende Vögel (z.B. der Flussregenpfeifer) auch auf bekiesten, unbegrünten Dachflächen gebrütet haben. Offenbar ist Grösse und Art der Kiese, die entsprechend der Eifärbung und/oder der Tarnfarbe der Jungvögel sein müssen, ein Hauptkriterium für die Brut. Ob darin ein Widerspruch zur Begrünung von Dachflächen liegt oder wie eine sinnvolle Gestaltung (geeignete unbepflanzte Substrate neben begrünten Abschnitten) allenfalls Brut und erfolgreiche Aufzucht sogar begünstigen können, soll in diesem Projekt als Hauptfragestellung untersucht werden.

Die Flächengrösse von begrünten Flachdächern kann entscheidend sein für die Wahl und den Erfolg des Bruthabitats sein. Ebenso ist die Gestaltung der Grünfläche (natürliche Substrate und deren Reliefierung, Erstanpflanzung oder Ansaat mit Saatmischungen aus einheimischen Arten) wichtig, da sie Produzenten der Biomasse (Nahrungspotential für Jungvögel) sind. Jungvögel mancher Arten benötigen nebst ausreichendem Nahrungsangebot auch Wasserstellen wo sie daraus Trinken können. Das können stehende Wasser oder temporäre Tümpel sein, und das bedingt eine punktuelle Einrichtung von tonreichen Substraten, wo Wasserflächen nach Niederschlägen länger bestehen bleiben.

### **3 Material und Methode**

Die Grundlage zu dieser Arbeit bilden einerseits Literaturrecherchen und andererseits, Beobachtungsmeldungen von OrnithologInnen zu Bodenbrütenden Vögel übere mehrere Jahre auf bekiesten und/oder begrünten Flachdächern. Mit Hilfe von diesen Grundlagen konnte diesen Frühling fünf erste Beobachtungsstandort definiert werden und während 2-3 Monaten regelmässig beobachtet, Daten erhoben und ausgewertet werden. Diese Beobachtungen wurden zum Teil durch ehrenamtliche OrnithologInnen durchgeführt und zum Teil von StudentInnen der Hochschule Wädenswil im Rahmen ihrer Semesterarbeit. Die Standorte wurden seit der Ankunft der Kiebitze und Flussregenpfeifer regelmässig begangen und während der Brutzeit wurde die Begehungsfrequenz erhöht. Die Beobachtungen mit Hilfe von Feldstechern und standardisierten Erhebungsbogen wurden selten auf dem entsprechenden Dach gemacht, meistens aus Nachbargebäuden mit guter Sichtmöglichkeiten auf das entsprechende Dach und sonst aus guter Distanz, damit die Vögel nicht allzu stark gestört wurden. Dadurch das die ganze Beobachtungsreihe relativ kurzfristig angelegt war, infolge von erst zu erarbeitenden Grundlagen, ist das verfügbare Datenmaterial lückenhaft. Dementsprechend liefert es uns vorerst gewisse Tendenzen und Hinweise für die Planung und Ausführung der kommenden Beobachtungsreihen.

#### **3.1 Standorte**

Abhängig von der Zeitknappheit wurden für dieses Jahr nur 5 Beobachtungsstandorte ausgewählt. Die Auswahl der Standort ist identisch mit den uns gemeldeten, bis anhin beobachteten Flachdachbruten, von OrnithologInnen (Vogelwarte Sempach, BirdLife Schweiz).

## 4 Ergebnisse

**Tab. 1** Uebersicht über die Standorte und die Erhebungen

	Standorte	Adulttiere	Nest	Jungvögel	Substrat	Vegetation
Kiebitze	Shopyland Bern	3	??	Keine	6-8 cm Blähton/ vulkanische Schüttstoffe	Sedum, Moos
	Steinhausen	2	5	4	6-8 cm Blähton/ vulkanische Schüttstoffe	Sedum, Moos, Kraut
		2	5	2	"	"
	Kloten Zürich (zwei Dächer nebeneinander, eines aber tieferliegend <sup>1</sup> und nicht begebar				6-8 cm Blähton/ vulkanische Schüttstoffe	
		2	1 (4 Eier)	0		Sedum, Moos
	1	2	(verdacht)	0	"	Sedum, Moos
		6	4, 4 Eier und 1 Ei	0	"	Sedum, Moos
	1	??	??	??	"	Sedum, Moos
		4	??	5	"	Sedum, Moos
	1	4	??	4	"	Sedum, Moos
		5	3, 1 mit einem Ei	0	"	Sedum, Moos
	1	4	??	4	"	Sedum, Moos
		3	3, 1 mit einem Ei (kalt, zurückgelassen)	1	"	Sedum, Moos
	1	6	??	7	"	Sedum, Moos
		2	3, 1 mit einem Ei (kalt, zurückgelassen)	1	"	Sedum, Moos
	1	8	??	1	"	Sedum, Moos
		1	-	0	"	Sedum, Moos
	1	4	-	2	"	Sedum, Moos
Flussregenpfeifer	Hochdorf	0	0	0	Kies	Moos
Feldlerche	Büsserach	0	0	0	??	Sedum, Moos

Die diesjährigen Untersuchungen haben uns, insbesondere bei den Kiebitzen, interessante Daten geliefert. Bei allen drei Standorten hat sich herausgestellt, dass die Kiebitze seit 2 – 13 Jahren immer wieder auf diese Flachdächer zurückkehren und versuchen zu brüten (Zweitbruten wurden auch gemacht, aber leider ohne Erfolg). Es waren auf alle Flachdächern ältere Brutmulden der Kiebitze auffindbar. Diese Daten zeigen auf, dass es möglich ist, dass Kiebitze über Jahre hinweg, aus irgendwelchen Gründen immer, diese Standorte regelmässig aufsuchen und versuchen zu brüten. Der Kiebitz gilt scheinbar unter den Wiesenvögeln, bezüglich seiner Brutplatz- und Bruthabitatwahl als vergleichsweise tolerant zu sein.

**Tab.2** Uebersicht über die Beobachtungsreihe der Kiebitze an drei Standorte von März bis Juli 2005

Standorte	Kiebitze ( <i>Vanellus vanellus</i> )	Zeitraum	Adulttiere
Steinhausen (ZG)	Present	April – Juli	4
Shopyland (BE)	Present	März – Juli	3 (März – April)
Kloten (ZH)	Present	April – Juli	8 – 10

Auf dem Shopyland Flachdach hat sich innerhalb des Monats März der Bestand von drei auf zwei Individuen verändert. Leider wurde Anfangs April eines der beiden übrig gebliebene Kiebitze tot auf dem Boden gefunden, vermutlich von einem Raubvogel angegriffen worden (gewisse Verletzung wiesen darauf hin). Was dazu führte, dass es in diesem Jahr keine Bruten gab.

In Kloten brüten Kiebitze schon seit mehreren Jahren auf Grasflächen (ungestörte Flächen). Doch seit diesem Jahr scheinen ein paar Adulttiere zwei Flachdächer eines Industriegebäudes entdeckt zu haben und gut genutzt zu haben. Auch hier sind die Gründe für die Wahl eines solchen Bruthabitates noch ungewiss und zu untersuchen.

**Tab. 3** Uebersicht über die Beobachtungsreihe des Flussregenpfeifers an zwei Standorte von März bis Juli 2005

Standorte	Flussregenpfeifer ( <i>Charadrius dubius</i> )	Zeitraum	Adultiere
Kaiseraugst Kiesgrube (AG)	Present	April - Juni	3
Hochdorf (LU)	Nicht-present	März - April	0

Die Untersuchungen in Kaiseraugst haben ergeben, dass der Flussregenpfeifer besonders auf feuchte Stellen angewiesen ist und unebenes Gelände bevorzugt (DASEN 2005). Empfehlende Massnahmen bei Begrünung von Flachdächern könnten sein: Verzögerung des Wasserabflusses, damit feuchte Stellen entstehen können und die Fläche so gestalten, dass Unebenheiten durch die Gestaltung vorkommen können.

Der zweite Standort in Hochdorf wurde ausgewählt weil, im Jahre 2002 zum ersten mal Flachdachbruten von Flussregenpfeifer beobachtet und gemeldet wurden. In Gesprächen mit Leuten vor Ort wurde dies bestätigt wie auch, dass es bis letztes Jahr dort Flussregenpfeifer gab, die auf dem Flachdach gebrütet haben. Leider sind dieses Jahr keine Flussregenpfeifer auf dem Flachdach der Firma 4B-Fenster aufgetaucht.

## 5 Stand der internationalen Forschung

### 5.1 England

Die Thematisierung und erste Sensibilisierung bezüglich des Potentials von begrünten Dachflächen als Beitrag zur Rückeroberung von Städten durch die Natur im Spannungsfeld Biodiversität-Urbanität erfolgte in Grossbritannien bereits durch umfangreiche Aktivitäten in London (FRITH & GEDGE 2000, GEDGE 2002, KADAS 2003). In London wird der Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*) gefördert, in dem in Bauprojekten spezifische Schutzmassnahmen umgesetzt werden. Dieser ehemalige Gebirgsvogel und Halbhöhlenbrüter kommt in wenigen Populationen in Bereichen mit noch offenen Flächen und wiesenartigen Vegetationen vor. Doch ihr Bestand ist durch die fortschreitende Überbauung ehemaliger Industriebrachen immer mehr gefährdet (BRENNEISEN, 2003a).

### 5.2 Deutschland

Aus verschiedenen Informationsquellen von OrnithologInnen wurde bestätigt, dass Vögel immer wieder auf begrünten bzw. auf nicht begrünten Flachdächern in vielen Bundesländern Deutschlands brüten - Hinweise von Austernfischern (*Haematopus ostralegus*), Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*), Möwen (*Larus cachinnans*) sind nicht selten, doch fehlen bis jetzt genauere Angaben über Bruterfolge. Es gibt vergleichsweise zur Schweiz mehrere Publikationen über die Anpassungen von jenen Vogelarten an ihre urbane Umgebung, wie zum Beispiel die Nutzung von Flachdächern als Bruthabitate.

## 6 Diskussion

Bodenbrütende Vogelarten wie Flussregenpfeifer, Kiebitz und Feldlerche stehen in der Schweiz, und zum Teil auch in anderen europäischen Länder, stark unter Druck, da es sich um Vogelarten handelt, deren Lebensräumen verschwunden sind oder zunehmend unter der steigenden Zersiedelung am verschwinden sind (Riedgebiete, Feuchtgebiete, Auenlandschaften, Kulturland, Grasflächen). Doch immer wieder haben diese Arten gezeigt, dass sie sich an die Veränderungen und an die urbane Landschaften gewöhnen und anpassen können. Zum Beispiel hat der Flussregenpfeifer als sekundär Habitate schon längst Kiesgruben gewählt und der Kiebitz extensiv bewirtschaftete Ackerflächen. Und in den letzten Jahren benutzen scheinbar beide Arten auch begrünte Flachdächer.

Wir wissen sehr viel über die Oekologie dieser Vogelarten in ihren „natürlichen Habitaten“ und zum Teil auch über die sekundär Habitate. Doch, im Zusammenhang mit den Flachdächern fehlen uns noch Grundlagen, um die bis jetzt beobachteten Nicht-Bruterfolge als Tatsachen eines nicht ideal Lebensraum zu deklarieren, und somit die begrünten Flachdächer als „biologische Fallen“ abzuschreiben. Die beobachteten Standorte haben gezeigt, dass diese Arten immer wieder regelmässig zurückkehren und Standorttreue (Brut- und Geburtstreu) beweisen – trotz keines Bruterfolges -, was trotzdem für die Qualität des Habitates sprechen kann.

Die Vegetationsformen der Begrünung aller untersuchten Standorte ist identisch: Sedum-Arten (Mauerpfeffer- und Fettblattarten), Kräuter und weist in dieser Zusammensetzung (siehe Tab. 1) auf fast keine Biomasse hin. Die Substratart (Blähton/vulkanische Schüttstoffe) und die dünne Mächtigkeit des Substrates beeinflussen entscheidend die Auswahl an Pflanzen, die hier in diesem Fall karg und gering ist. Diese Zusammensetzung der Vegetation biete fast keine

Biomasse (karges Nahrungsangebot, kaum vielfältige Fauna vorhanden), die bedeutend ist für nestflüchtende Jungvögel, was Bodenbrütende Vögel meistens sind.

Ein weiterer Grund, der häufig in der Literatur und in Gesprächen mit OrnithologInnen erwähnt wird, ist der Mangel an Wasserflächen auf diesen Flachdächern, die zum Teil einem Trockenhabitat entsprechen. Das ist wichtig für Jungvögel, die nicht von den Altvögeln gefüttert werden sondern selber auf Nahrungs- und Wassersuche gehen müssen (Kiebitz, Flussregenpfeifer, Feld- und Haubenlerche). Doch ist man sich in den Fachkreisen bezüglich dieser Aussage nicht so einig, da zu wenig Daten vorhanden sind.

In einer Untersuchung in Deutschland im Zusammenhang mit Kiebitzbrutplätzen in Mitteleuropa wird erwähnt, dass für Kiebitze zwar Stadtränder keine optimale Brutplätze sind, aber erstaunlicherweise sie technische Bauten nicht meiden. Ebenso gibt es genügend Beispiele von Kiebitzkolonien, die aufzeigen, dass die Vögel bei Abwesenheit von Gewässern wie kleinen Teichen, Tümpeln, Gräben und feuchte Schlammflächen gute Bruterfolge erzielen können (KOOIKER 2000). Die Anforderung an das Habitat von Kiebitzen sollte sein, was sich nicht in allgemeinen Regeln fassen lässt, da immer wieder Ausnahmen überraschen: extensive genutzte kurzrasige oder vegetationsfreie Böden, möglichst mit gelbrauner Oberfläche (KOOIKER 2000).

Die von uns untersuchten Standorte entsprachen zum Teil diesen Anforderungen, was nicht weiter erstaunlich ist, da Kiebitze vorhanden waren. Diese Studie weist weiterhin darauf hin, dass die Kiebitz-Adulttiere gerne mit den Jungvögeln einen Standortwechsel vornehmen können/würden je nach Bedarf. Solche Hinweise und Anforderungen von Vogelarten können uns sehr hilfreich sein für unsere weiteren Untersuchungen. Sie bezeugen auch, dass es wichtig ist weiterhin mehr Erhebungen im Zusammenhang mit Flachdächern und bodenbrütende Vogelarten machen zu müssen; damit wir entsprechend begrünten Flachdächer ökologisch wertvoll gestalten können und Habitate für diese Arten entstehen lassen können.

## 7 Ausblick

In England dient der Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*) – eine vom Aussterben bedrohte Vogelart, die in London gezielt gefördert wird, indem in vielen Bauprojekten spezifische Schutzmassnahmen getroffen werden - als „Flagship“ Art, aber insbesondere der Information breiter Kreise zum allgemeinen Potenzial von begrünten Dachflächen als ökologische Ausgleichsmassnahmen. In der Schweiz sind der Flussregenpfeifer, Kiebitz, Feld- und Haubenlerchen ebenso dem Druck der fortschreitenden Überbauung ausgesetzt; dem soll entgegengewirkt werden und diese Arten sollen, wie in England der Hausrotschwanz, zu „Flagship“ Arten für ökologische Ausgleichsmassnahmen werden. Der ökologische Wert von optimal begrünten Flachdächern würde mit dem zusätzlichen Indikator (Flagship) „Vogel“, bei Bruterfolg, das ökologische Potential der Siedlungsräume bedeutend erhöhen und aufwerten.

## 8 Literatur

- BRENNEISEN, S. (2003a): Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Dachbegrünungen – Bedeutung für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung. Dissertation Geographisches Institut Universität Basel.
- BRENNEISEN, S. (2003b): Vögel, Käfer und Spinnen auf Dachbegrünung – Nutzungsmöglichkeiten und Einrichtungsoptimierungen. Projektbericht. Baudepartement des Kantons Basel-Stadt. 1-90.
- BOLLMANN, K. et al. (2002): Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. In: Ornithologischer Beobachter 99, 301-320.
- BURGESS, H. (2004): An Assessment of the potential of green roofs for bird conservation in the UK. Research report University of Sussex. Unpublished.
- DASEN, M. (2005): Räumliches Verhalten von Flussregenpfeifer in einer Kiesgrube in Kaiseraugst. Semesterarbeit Hochschule Wädenswil, S. 26.
- FRITH, M. & GEDGE D. (2000): The black redstart in urban Britain; a conservation conundrum? In: British Wildlife 11/6, 381-388.
- KADAS, G. (2002): Study of invertebrates on green roofs; How roof design can maximise biodiversity in an urban environment. Unpublished MSc thesis University College London.
- KOOIKER, G. (2000): Kiebitzbrutplätze in Mitteleuropa: Entscheidung in schwieriger Situation. In: Der Falke 47, 338 - 343.
- SCHNEIDER, W. (2004): Ganz seltene Vögel auf dem Shoppy-Dach ... . In: Aare-Info, Nr. 28, S. 11.
- Smaragd europäisches Netzwerk (2001) Homepage: <http://www.edena.net/wwf> und <http://europa.eu.int/scadplus/leg/de>

WEBER, T. (2002): Brut des Flussregenpfeifers *Charadrius dubius* auf einem bekiesten Flachdach. In: Ornithologischer Beobachter 99, 224-226.

Nathalie Baumann  
Hochschule Wädenswil  
Grüntal, Postfach 335  
CH- 8820 Wädenswil, Schweiz  
[n.baumann@hsw.ch](mailto:n.baumann@hsw.ch)

# **Green Roofs for Biodiversity – Designing Green Roofs to meet targets of BAP (Biodiversity Action Plan) species**

**Dusty Gedge, Director Livingroofs.org, UK**

**Gyongyver Kadas, School of Biological Sciences, Royal Holloway University of London, UK**

## **Abstract**

Our London- based research project considers the potential of green roofs for biodiversity. The study focuses mainly on how to make up for the lost biodiversity of brownfield habitats. Brownfield habitats became one of the most –if not the most – species diverse habitats in the UK. However, with the regeneration pressure in the East Thames corridor, most of these brownfield sites will be lost, and the invaluable wildlife habitat lost with it. The study focuses on invertebrates, since the Thames Gateways is home to more than 20 Red Data/Nationally Rare and Scarce species. Consequently, the research will target certain groups of importance for the UK Biodiversity Action Plan and the English Nature Species Recovery Program, notably spiders, beetles, and bees in particular. Our major aim is to identify the key factors that affect biodiversity on roofs, including design features, different substrates and planting regimes. This research has established a series of Green Roof Laboratories, located at Canary Wharf and at London Zoo. These Green Roof Laboratories serve to “experiment” with design factors that mimic conditions on brownfield sites. Each Laboratory covers 180m<sup>2</sup> of a roof space and use different depths of substrate. They also have different types of substrate, including crushed brick and/or concrete, and vary the amount of organic material. We believe that it is possible to design a roof targeted for a particular species. We also aim to create a kind of “recipe book” of materials and planting advice.

## **Dachbegrünung für Artenvielfalt – Begrünte Dächer gestalten, um Arten des BAP (Biodiversity Action Plan) zu fördern**

Das in London basierende Forschungsprojekt untersucht das Potential an Artenvielfalt auf Gründächern. Im Fokus steht dabei der Verlust der Artenvielfalt auf Ruderalflächen und wie diese allenfalls wieder kompensiert werden könnten. Ruderalflächen haben sich auch in Grossbritannien zu einem der artenvielfältigsten Standorte entwickelt. Unter dem Druck der Neuerstellung des Ost Themsekorridors, werden viele dieser Ruderalflächen verloren gehen und damit auch der unschätzbare Lebensraum für Flora und Fauna. Die Untersuchung konzentriert sich auf Invertebraten (Wirbellose), da der Lebensraum um die Themse mehr als 20 Rote Liste Arten (National seltene und gefährdete Arten) beherbergt. Diesbezüglich beschäftigt sich diese Untersuchung mit gewissen Gruppen, insbesondere Spinnen, Käfer und Bienen, die wichtig für den „UK Biodiversity Action Plan“ und den „English Nature Species Recovery Program“ sind. Das Hauptziel ist, die Schlüsselfaktoren, die die Artenvielfalt auf Gründächern beeinflussen, zu identifizieren einschliesslich den Eigenschaften einer optimalen Gestaltung der Dächer, verschiedener Substrattypen und Pflanzenformen. Dieses Forschungsprojekt hat eine Serie an Untersuchungsstandorten auf Gründächern etabliert, die sich am „Canary Wharf“ und im „London Zoo“ befinden. Diese Untersuchungsstandorte dienen dazu, mit Gestaltungsfaktoren zu experimentieren, die den Bedingungen in Ruderalflächen gleich sind. Jeder Standort deckt eine Dachfläche von 180m<sup>2</sup> ab und es wurden unterschiedliche Substrattypen (inklusive gemahlener Ziegelstein und/ oder Beton), Mächtigkeiten und organische Anteile verteilt. Wir glauben dass es möglich ist, ein Dach so zu gestalten, dass entsprechend bestimmte Tier- und Pflanzenarten sich darauf etablieren können. Wir planen eine Art Handbuch mit „Richtlinien“ zu erstellen, das verschiedenen Gestaltungstypen an Gründächern mit Materialien- und Bepflanzungshinweisen beinhalten soll. Das an der „Royal Holloway University of London“ angesiedelte Forschungsprojekt wurde von Livingroofs.org angeordnet und betreut. Mit der Hochschule Wädenswil, Schweiz werden Informationen und Daten über die Nutzung von Gründächern durch Wildbienen ausgetauscht. Voraussichtlich wird die Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungsanstalten weiterbestehen, dank eines zukünftigen Untersuchungsprojekt über Gründächern und deren Nutzung durch bodenbrütende Vogelarten. The research project is based at Royal Holloway, University of London and it is co-ordinated and supervised by Livingroofs.org. We also exchange information with colleagues at Waedenswil, and data on how bees are using green roofs are studied by both projects. Co-operation between the two projects is likely to continue with a future study looking at green roofs and ground-nesting birds.

## 1 INTRODUCTION

During the late 1990's there was a growing interest in the use of green roofs in the London area as mitigation for key species associated with the London Biodiversity Action Plan (LBAP). At that time sedum blankets were the primary extensive green roof material in the UK. The type of habitat of interest to the LBAP was predominantly brownfield in character. As developments were being required to implement green roofs for biodiversity there was concern that the 'right' kind of green roofs were not being installed. Could research and the establishment of alternative extensive green roof types provide a mechanism to influence the design and implementation of green roofs where they were deemed necessary to mitigate for the loss of habitat at ground level? In 2002 a series of studies were undertaken on green roofs and in 2003 a full three-year-study began. This paper highlights the context, vision and research data developed in London over the last seven years.

The LBAP required an urban ecological approach to green roof implementation as opposed to the horticultural nature of generic green roof systems. The UK government's policy of 'densification' and brownfield redevelopment brought about a conflict between nature conservation issues and socio-economic development. Green roofs designed to mitigate for biodiversity on new developments could provide a means to resolve such conflicts. It was recognised that there was a pressing need to understand and develop new design methodologies in the green roof field.

Green roofs are still not mainstream in the UK and are reliant on manufacturers who have spent a long time developing products to satisfy sceptical clients. These tend to be either substrate- or blanket-based green roofs predominantly planted with sedums. Typical Sedum species that are planted are *Sedum album*, *S. reflexum*, *S. telephium* which, although of generic interest to biodiversity, are not the kind of plant species associated with brownfield habitats in the south east. However for designers and architects they provide an instant quick green effect.

## 2 Brownfield Land and its benefits for biodiversity

Research by Oliver Gilbert in the early 1980's and 1990's in the UK recognised the value of 'post-industrial sites' for their flora and invertebrates, particularly when such sites are at the early stages of succession (Gilbert, 1990). Many of the wastelands in London have been recognised of local or metropolitan importance by the former London Ecology Unit but this has afforded them little protection from the surge of development in the 1990s. This has been further exacerbated by the publication of the Urban White Paper. Although these wastelands may have little aesthetic appeal in the eyes of the general public, they are often the only areas of green space locally. Many butterfly species in London, such as the small blue (*Cupido minimus*), dingy skipper (*Erynnis tages*) and the green hairstreak (*Callophrys rubi*) are only known from such sites (Jones, 2002). In the East Thames Corridor, a series of shallow gravel workings and derelict land in the Thames Estuary support a remarkable concentration of rare species of invertebrates (Harvey, 2000). Many of these can only be found on such sites, for example the brown banded bumble bee (*Bombus humilis*) and the shrill carder bee (*Bombus sylvarum*), both UK Biodiversity Action Plan species (GLA, 2001). These sites can support up to 12 – 15% of the nationally scarce and rare invertebrates (Gibson, 1998). English Nature has referred to one notable site, an old oil refinery at Shellhaven, near Canvey Island, as 'an English rainforest' (The Guardian, 2003).

One of the key drivers for our work on green roofs and biodiversity arose from work on the black redstart (*Phoenicurus ochruros*). This species is one of the country's rarest breeding birds and is unique in that it is predominantly found in cities: mostly on brownfield and post industrial sites. The black redstart is a fully protected species, listed as Schedule 1 of the Wildlife and Countryside Act, 1981. This ensures that the bird is 'a material consideration' for local planning authorities when considering planning applications on sites where the species is currently breeding (Frith and Gedge, 2000).

Conservationists in London, through the LBAP, have managed to constrain many large new developments in London to provide habitat mitigation for the black redstart in their proposals. Over 200,000m<sup>2</sup> are thought to have been constrained and this area is likely to grow over in the forthcoming years, especially since the announcement that London will host the 2012 Olympics. The habitat requirements of this species in London are reliant on brownfields and other post industrial landscapes rich in invertebrate life.

## 3 Research into green roofs and invertebrate biodiversity

The LBAP made contact with researchers with a similar vision and interest in green roofs and biodiversity. This contact inspired the commission of two studies in London in 2002. However, green roofs in London are few and far between.

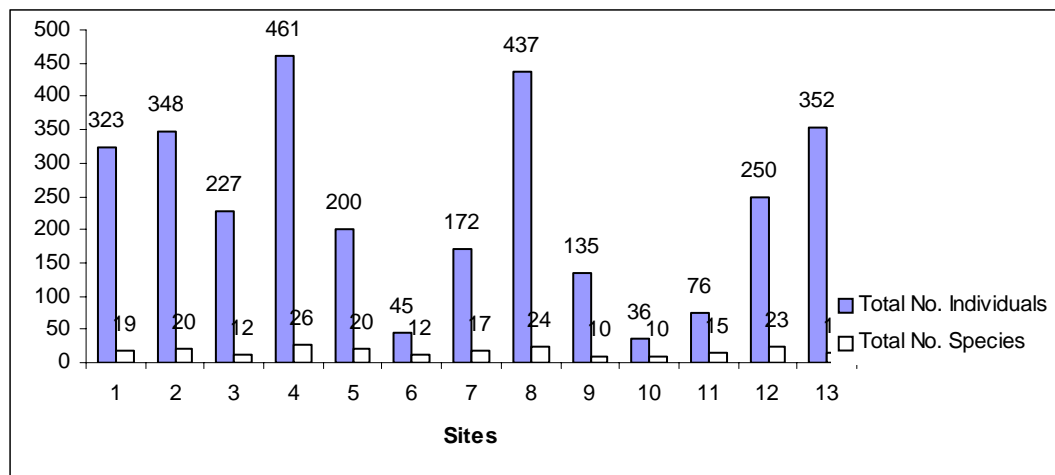
Those that do exist tend to consist of Sedum mats. The brief of the studies was to establish what invertebrates were associated with extensive green roofs in London and what relationship there was between the invertebrate communities found on green roofs and those associated with brownfield land. A third factor was to ascertain what design features were necessary to encourage brownfield invertebrate communities to inhabit green roofs (Kadas, 2002).

The first research project concentrated primarily on spiders (Arachnids). As spiders occupy the mid-trophic level of the food chain, they provide an excellent indication of the invertebrate communities present on such roofs.

Samples were collected from 10 green roofs and three brownfield sites in London. These were taken by pitfall trapping and the sampling period lasted from the end of May to mid-July 2002. While the majority of the roofs were Sedum based, they all differed in their design, age, size, height, management practices and appearance. Brownfield sites were selected so they would represent a diversity of habitat characteristics, as no two brownfield sites are identical. The first brownfield site was a rough car park in the middle of London, the second a former import yard for recycling building materials and the third a mitigation habitat for black redstarts. These brownfield sites were also selected as they were in close proximity to the survey roofs.

Even during the limited period of the study over 3000 individual spiders were collected with 59 species represented – a remarkable nine per cent of the total UK and 26% of the Greater London spider fauna (Harvey et al., 2002; Kadas, 2002). There were even six new species records for Greater London – namely *Pardosa agrestis* and *P. arctosa* (Lycosidae), *Steatoda phalerata* (Theridiidae), *Bianor aurocintus* (Salticidae), *Silometopus reussi* and *Erigone aletris* (Linyphiidae) – including one, *Erigone aletris* that has never been found in Southern England before.

Obviously, not all of these habitats performed equally in terms of species richness. The research concentrated on what factors (such as depth of substrate, management, vegetation cover, height and area of building, aspect etc.) that influence species richness and composition. The results from this research supported the findings of our colleagues in Switzerland: substrate depth and structural diversity plays the most important part in species richness. What is interesting is that the majority of the roofs available for study in London were monocultures of Sedum mats and therefore had little structural or substrate depth variety. However, there were a few exceptions, for example one roof (Greenwich Ecology Centre) had a substrate depth over eight centimetres and another combined flat and pitched roofs and areas where rainwater accumulated.



**Figure 1** The total number of individuals and total number of species caught on each sites.

SITES: Green Roofs: 1=Canary Wharf-FC4, 2=Canary Wharf-Retail, 3=FSA, 4=Greenwich Ecology Park, 5=Shaws Cottage, 6=Barn Elms, 7=BedZed, 8=Almeida theatre, 9=Calthrope Project, 10=Soames Centre. Brownfield Sites: 11=Clere Street Parking Lot, 12=Crown Wharf, 13=Greenwich Reach 2000.

**Table 1** Correlation matrix between environmental variables and Shannon-Weiner index

Environmental Variables	Shannon-Weiner Index	
	P value	Correlation Coefficient
O. content	0.471	-0.22
Organic content	0.12	-4.53
Ph	0.056	0.541
substrate depth	<b>0.04*</b>	<b>0.575</b>
Building height	0.407	-0.221
Age	0.645	-0.141
management score	0.726	0.108
aspect score	0.818	-0.071
structural diversity	<b>0.01*</b>	<b>0.681</b>
% of bare	0.44	0.235
% of grass	0.129	0.443
% of sedum	0.273	-0.328
% of herbs	<b>0.019*</b>	<b>0.638</b>
% of moss	0.319	-0.303
Area	0.943	-0.22
veg diversity	<b>0.02*</b>	<b>0.635</b>
veg height	<b>0.04*</b>	<b>0.574</b>

\* correlation is significant at 95% level

Our other aim was to assess how the species assemblages found on green roofs compared with those on brownfield sites. As the majority of green roofs in London are Sedum mats, it was not surprising that ordination analysis showed that there was no similarity between the species composition of the two habitat types. Sedum mats are monocultures providing a very uniform habitat with little diversity in plant structure. Based on our research, we can safely say that green roofs in general do provide a valuable habitat, not just for rare species but also for common species as well (if we consider that in terms of spiders alone, almost 10 percent of the national fauna was recorded during this small study!). The provision of green roofs with the right design will offer refuge for species within the urban jungle and in truth is the only real place that such species can be catered for in urban planning. The second study commissioned by English Nature (Jones, 2003) differed from the first such that it used suction sampling to record invertebrates in eight localities in May and September of 2002. Jones concluded that several unusual species were found that would have not been recorded otherwise in the London area and which seem to have taken advantage of the new type of habitat. He also concluded that the uniformity of the substrate and low plant diversity (*Sedum* mats) contributed to the low number of invertebrate diversity. His study also confirmed that if green roofs were to be used as habitat replacement for brownfield sites, sedum mats would not be an appropriate solution.

#### 4 Further research directions

The green roof research report published by English Nature (Grant et al., 2003) recommends detailed research into the potential of green roofs for biodiversity. The LBAP took this recommendation on board and established a PhD study of green roofs and biodiversity at Royal Holloway, University of London, working in close co-operation with Herr Brenneisen in Switzerland and with the London Biodiversity Partnership. This study continues to monitor a number of the Sedum roofs studied in 2002 along with data collection on a number of roofs specifically designed to mimic local brownfield characteristics. Two Green Roof Field 'Laboratories' have been established at Regent's Park Zoo (Figure 3) and at Canary Wharf (Figure 4). They each cover 180m<sup>2</sup> and are being used to monitor different design factors. Different substrates have been used, including crushed brick and organic material at varying depths. We are also experimenting with different planting regimes and monitoring the invertebrates that colonise them. The aim of these experiments is to provide design principles for architects but more specifically, to provide information in the London area on how roofs can provide mitigation for the loss of brownfield sites. Furthermore we are looking to link with a new study in Switzerland on the design criteria for ground nesting birds on green roofs.



**Figure 2** Barclays Tower, Canary Wharf



**Figure 3** London Zoo Green Roof Laboratory



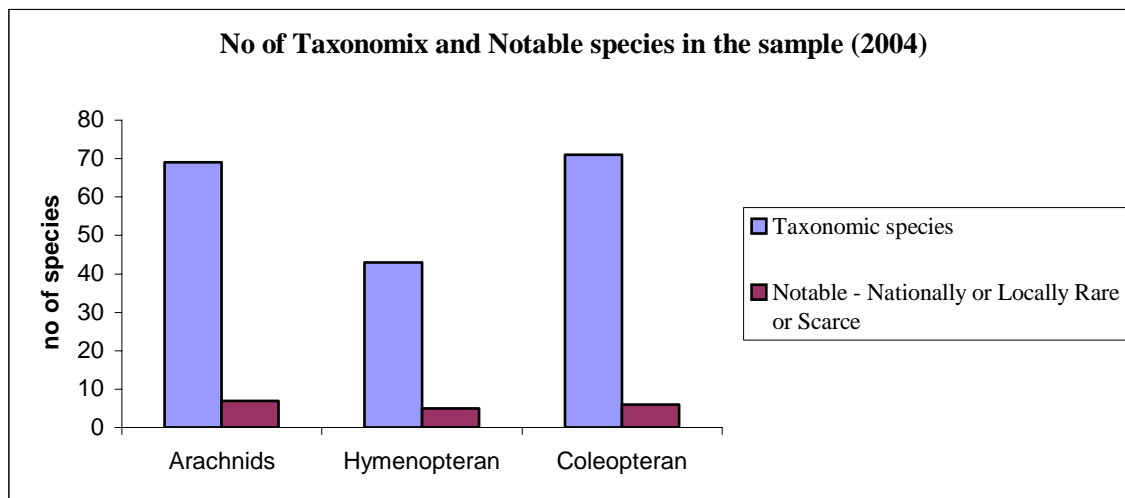
**Figure 4** Canary Wharf Green Roof Laboratory



**Figure 5** Komodo Dragon House, London Zoo

The PhD study continues to monitor invertebrates on the roofs and on brownfield sites. In this research, however, we are not only collecting spiders but also beetles (Coleopteran), bees, wasps and ants (Aculeate Hymenoptera). These groups are particularly important to sample as they have been identified as of importance to the UK Biodiversity Action Plan and English Nature Species Recovery Programme. Other species are also retained and identified such as butterflies, moths, hoverflies and grasshoppers.

While the data collection and analysis of the samples is ongoing, preliminary data suggests that more than 10 % of all the different species we collect are in fact Nationally Rare or Scarce (Figure 6.) or they have very restricted ranges!! In fact in some cases these roofs proved to be the very last habitats where some of these species can still be found! This is certainly the case of *Chlamydatus saltitans*, a leaf bug. Single specimens were found on each of the roofs surveyed in the Canary Wharf area. Its precise life history and food plants are unknown, but it is usually found in areas of bare ground and sparse vegetation, the conditions that extensive green roofs can provide. There are several Nationally Rare and Scarce beetles such e.g. *Olibrus flavicornis* (a small black flower beetle) and *Andrena trimmerana* (a solitary bee) that have been found on these roofs. These species are known to be present on brownfield sites in the Thames Gateway, much of which is earmarked for development. Consequently the finding of this research could prove to be vital if mitigation habitats are to be offered for these species.



**Figure 6** Number of Different Taxonomic and Notable species found in the sample sites.

These findings demonstrate how quickly species can establish on green roof habitats if suitable conditions are provided. The laboratory which was installed in 2004 is already home to Nationally important species such as *Microlestes minutulus*, a minute black ground beetle and *Zodarion italicum* an ant-eating spider which is a recent arrival to the UK but can only be found on brownfield sites. *Zodarion italicum* is of interest as it has been identified in the English Nature Green Roof Report, as being a possible beneficiary of green roof installation in London and the Thames Gateway.

Another important element of this research is that it targets urban brownfield sites as which have been generally overlooked in terms of research. Consequently our study has noted species which are thought to have become extinct in London or South East England, such as *Chlamydatus evanescens*, a leaf bug, (first record since 1980) and species that are recent arrivals from the Continent due to our increasingly warmer weather.

## 5 The future

English Nature's Green Roof research report states that 20 000 hectares of existing rooftops - 28 times the size of Richmond Park - could potentially be used for green roofs in London. This is a great, untapped resource for the city – one that might equally exist in other cities both nationally and internationally. To achieve meaningful results for nature conservation our understanding of green roofs and the role they play in biodiversity must be improved.

We are developing some basic design principles, which can be built upon by undertaking further research. In fact we have just been involved in the design of probably the highest green roof in the Europe, which has recently been installed specifically for the project. This new roof is 33-stories high and it is also situated in Canary Wharf, London atop the new Barclays HQ (Figure 2).

If green roofs are to fulfil real and meaningful biodiversity targets in terms of the UK biodiversity action plan and specifically for rare invertebrates targets, then local substrates and local seed mixes appropriate to the existent habitats prior to development should be considered in their construction, rather than off the shelf solutions. The application of this basic principle can extend beyond London and elsewhere in the UK.

For example, in County Durham, a magnesium limestone substrate on roofs could help meet the Durham Biodiversity Partnership's magnesium grassland action plan targets). We have recently been in contact with an architect in the NE of England who has designed his house specifically with a mix of dolomite and local sand grit to provide to try and establish a flora and fauna community relevant to the surrounding area. Equally, substrates, which mimic calcareous grassland conditions, could be used along in counties of the Southern England. The important principle in the design of such roofs is a varied depth of growing medium and areas of low and high biomass. These principles have been arrived at through research on invertebrate ecology - a relatively new approach to the ecology of green roofs. Structural diversity and substrate depth/size provides a mosaic of microhabitats at roof level, thereby increasing the overall biodiversity of the roof from in terms of both flora and fauna.

Through the work of the London Biodiversity Partnership and a number of key individuals in the London conservation sector green roofs are being delivered as mitigation for biodiversity in London. Over the last few years we have witnessed a growing interest across the country in green roofs and how they help meet sustainability targets. It is our hope that this work and similar projects will ensure that green roofs are acknowledged by both the sectors of both nature conservation and development/regeneration as having a unique potential to meet biodiversity targets within the urban environment.

## 6 Acknowledgements

We would like to thank Mathew Frith for his comments and his support over the years. Our thanks also go to Stephan Brenneisen in Switzerland; Alan Gange, at Royal Holloway University of London; Jill Goddard and others within the London Biodiversity Partnership; our sponsors, Tony Partington at Canary Wharf; People's Trust for Endangered Species, British Waterways, Esmée Fairburn Trust, London Development Agency, Lorraine Fisher, Alec Butcher, Burnett Parsons, Alan Ashby and Mike Shepherd at CWML; Chris Gitner at the Creekside Centre, Deptford; Paul Pearce-Kelly, Amanda Ferguson and Kevin Frediani at ZSL; Reg Fitch at Laban Dance Centre; Peter Allnutt; Nick Ridout at Alumasc-Exteriors Ltd; and, finally, Peter Harvey and Richard Jones for the entomological expertise.

## 7 References

- Brenneisen S (2003) *The benefit of biodiversity from Green Roofs – Key design Consequences*, Green Roofs for Healthy Cities, Chicago
- Brenneisen S (2004) *From Biodiversity Strategies to Agricultural Productivity*, Green Roofs for Healthy Cities, Toronto.
- Department of the Environment, Transport and the Regions (2000) *Our towns and cities; the future. Delivering an Urban Renaissance*. London: HMSO
- Department for Environment, Food and Rural Affairs (2002) *Working with the grain of nature: a biodiversity strategy for England*. DEFRA
- Department for Environment, Food and Rural Affairs (2003) *Achieving a better quality of life*. Review of progress of sustainable development. Government Annual Report 2002. DEFRA
- Frith M and Gedge D (2000) The black redstart in urban Britain; a conservation conundrum? *British Wildlife*, 11, 381 – 388.
- Gedge D (2001) *Roofspace – a place for brownfield biodiversity?* ECOS, 22, 69-74
- Gibson C W D (1998) *Brownfield: red data. The values artificial habitats have for uncommon invertebrates*. English Nature Research Report No.273
- Greater London Authority (2002) *Connecting with London's nature – the Mayor's biodiversity strategy*. Greater London Authority
- Gilbert, O (1990) The Lichen Flora of Urban Wasteland. *Lichenologist* 22: 87-101 Part 1.
- Grant G, Engleback L and Nicholson B (2003) *Green roofs – existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas*. English Nature Research Report No. 498. English Nature
- The Guardian (2003) *It doesn't look much, but this bleak corner of Essex is being hailed as England's rainforest*. Saturday 3 May 2003.
- Harvey P (2001) The East Thames Corridor; a nationally important invertebrate fauna under threat. *British Wildlife*, 12, 91 – 98.
- Harvey P, Nellist D and Telfer M (2002) *Provisional Atlas of British spiders*. Vol. 1 – 2. Huntingdon: Biological Records Centre.
- Jones R (2002) Brown can be beautiful. *Urbio*, 2, 12-13.
- Jones R (2003) Tecticolous invertebrates. A preliminary investigation of the invertebrate fauna on ecoroofs in urban London. (Unpublished data)
- Kadas G (2002) Study of invertebrates on green roofs – how roof design can maximize biodiversity in an urban environment. UCL (unpublished data)
- M. Keeley (2003) Green Roof Incentives: Tried and true Techniques from Europe, Green Roofs for Healthy Cities, Toronto
- M. Keeley (2003) Green Roofs and the Green Area Factor: An Urban-Green Infrastructure Policy Instrument, Green Roofs for Healthy Cities, Toronto
- London Biodiversity Partnership (2001) The London Biodiversity Action Plan. Vol. 2 LBP.
- Office of the Deputy Prime Minister (2003) *Sustainable communities: Building for the future*. London: HMSO.
- Royal Society for the Protection of Birds (2002) The population status of birds in the UK: birds of conservation concern, 2002-2007.

GYONGYVER KADAS  
Biological Sciences, Royal Holloway University of London,  
Egham, TW20 0EX, UK  
[g.kadas@btinternet.com](mailto:g.kadas@btinternet.com)

DUSTY GEDGE  
7, dardmouth grove  
London SE10 8AR, UK  
[dustygedge@yahoo.co.uk](mailto:dustygedge@yahoo.co.uk)

# Design and Biodiversity: A Brown Field Roof in Malmö, Sweden.

**Mårten Setterblad, Department of Landscape Architecture, Swedish University of Agricultural Sciences**  
**Annika Kruuse af Verchou, City of Malmö, Department of Public Works, Sweden**

## Abstract

The brown field biotope is specific for the urban landscape. Constantly following man, it appears in gaps and unplanned parts of our cities. Being a hotbed for insects and plants, the brown field forms valuable biotopes practically next to the daily life of citizens. But today, brown fields are threatened. Old industrial areas and docklands are rapidly vanishing in modern dense city planning. Thus specific and species rich nature, harboured in urban brown field disappears. On the Botanical Roof Gardens of Augustenborg in Malmö, southern Sweden, a brown field roof garden was constructed in 2004. A 150 mm layer of chalk forms the base of the 200 square meter garden. The active design includes dry meadows, shallow water and plant nursery. Material was collected from local industrial areas. In the design, spontaneous colonization of plants is encouraged. A clear aim is to reach the specific mixture of the brown fields containing pioneer species, extreme strategists and threatened cultural plants. The intricate mosaic structure supports biodiversity. The design recognizes brown fields as places of great drama, projecting a variety of man's views of nature. By identifying the dynamic of man's cultural actions and the nature's colonization as the root of the unique composition of the brown field land, these views are explored in an explicit design. This experimental garden aims at gaining practical experience of brown field construction. The garden is open for research concerning the dynamics of brown fields, but has its specific purpose in addressing public visitors. On Augustenborg, the roof garden concept is examined as a retreat for threatened brown field. Roof conditions are excellent for brown field land construction. Rough climate, wind exposure and rapidly fluctuating temperature in addition with the limited amount of biomass turn into advantages. But also roofs easily benefit from the brown field concept. With low maintenance and costs, beauty and species richness, they become valuable contributors to urban environment.

## Aufbau und Artenvielfalt: Ein Ruderal-Dach in Malmö, Schweden

Die Ruderalfläche ist eine spezifische Struktur urbaner Landschaften. Es ist ein Lebensraum, der auf den Menschen folgt und in Lücken und ungeplanten Teilen unserer Städte vorkommt. Als Brutstätte für Insekten und Pflanzen ist die Ruderalfläche ein wertvoller Biotop, das sich ohne weiteres neben dem alltäglichen Leben der Menschen entwickeln kann. Heute sind aber diese Biotope gefährdet. Alte Industrieareale und Hafenviertel verschwinden rascher, weil moderne Städte immer dichter geplant werden. Auf dem Botanischen Dachgarten von Augustenborg in Malmö, südliches Schweden, wurde 2004 ein Ruderalgründach gebaut. Eine 150 mm dicke Kreideschicht bildet die Grundlage des 200 m grossen Garten. Die lebendige Gestaltung besteht aus Trockenrasen, Flachwasser und einer Gärtnerei. Das Material wurde aus industriellen Arealen in der Region gesammelt. Die Gestaltung dieser Fläche ermöglicht spontane Besiedlung von Pflanzen. Ein deutliches Ziel ist es, die spezifische Mischung eines Ruderal-Biotops zu erreichen, welches aus Pionierarten, Extremstrategen, und bedrohte Kulturpflanzen besteht. Diese verzwickte Mosaikstruktur soll Artenvielfalt fördern. Ruderalflächen sind Standorte grossartiger Dynamik. Die Gestaltung dieses Garten berücksichtigt diese Eigenschaft und hat eine reiche Vielfalt der Natur nach menschlicher Betrachtung entwickelt. Diese Betrachtung wurde in einem expliziten Design umgesetzt, indem die Dynamik zwischen den kulturellen Taten der Mensch und der Kolonisation der Natur als Wurzel der einzigartigen Beschaffenheit der Ruderalflächen identifiziert wurde. Dieser Untersuchungsgarten soll zum Verständnis vom Aufbau von Ruderalbiotopen dienen. Der Garten ist dementsprechend offen für die Forschung der Dynamik von Ruderalflächen, und hat aber auch den Anspruch ganz gezielt die BesucherInnen anzusprechen. Das Gartendachkonzept von Augustenborg beinhaltet auch, nach einer Möglichkeit von Schutzgebiet für bedrohte Ruderalflächen zu untersuchen. Die Dachbedingungen sind ausgezeichnet für Ruderalflächen. Die Vorteile für die Entwicklung einer Ruderalfläche sind: es herrscht ein raues Klima, Windexposition und rasch schwankende Temperaturen und zusätzlich eingeschränkte Biomasse. Aber auch Dächer begünstigen einfach von der Wirkung des Ruderalbiotopes, denn mit niedriger Erhaltung und niedrigen Kosten, mit Schönheit und Artenvielfalt werden sie zu wertvollen Strukturen in der urbanen Umwelt.

## 1 Background

A brown field roof was constructed in 2004 on the Botanical Roof Gardens of Augustenborg in Malmö, southern Sweden. It is, as far as the authors know, the first brown roof in Sweden, and thus an important site for spreading knowledge about brown roofs. The Botanical Roof Gardens attract a large number of national and international visitors. The aim of this project was to combine an attractive aesthetic roof design and an optimization of conditions promoting biodiversity.

The brown field biotope is specific to the urban landscape. Constantly following man, it appears most typically in old industrial areas, along railway lines, in parts of old harbours that have not yet been covered by asphalt or buildings, or in gaps and unplanned parts of our cities. As a hotbed for insects and plants, the brown field forms valuable biotopes practically next to the daily life of citizens. Ruderal land is another word for this kind of land, which is latin for “covered by gravel”, describing the open character of the areas. The brown field is formed by human activities which disturb the natural vegetation. After disruption, the area is colonized by pioneer species which specialize in rapid colonisation, mostly annuals. The annuals are later followed by biennials, perennials, shrubs and trees.

Today, brown fields are threatened. Post-industrial society does not include vast industrial land. Old industrial areas and docklands are rapidly vanishing in modern dense city planning. Otherwise, the brown field is left to turn into forest through natural succession as the disturbing activities disappear as in, for example, the Süssgelände in Berlin. Thus the specific and species-rich nature, harboured in urban brown field, also disappears.

## **2 Why the brown field roof?**

On Augustenborg, the roof garden concept is examined as a retreat for the threatened brown field landscape. Roof conditions are excellent for brown field reconstruction. Rough climate, wind exposure and rapidly fluctuating temperatures, in addition to the limited amount of biomass, become advantages. But the roofs also benefit from the brown field concept. With low maintenance and costs, beauty and species richness, they become valuable contributors to urban environment.

A brown roof has the same, or even more, ecological advantages than many other roofs, for example moss-sedum mats, including water retention (higher in a brown roof soil due to thicker substrate), decreased urban heat island effect, air cleaning and noise reduction. But when it comes to biodiversity, a brown field roof is outstanding as compared to one covered by a moss-sedum mat, especially in terms of plants, insects and spiders. The thicker substrate and, most importantly, the variation in substrate (texture, thickness, moisture, etc.) means that more species can find suitable living conditions. A moss-sedum mat is designed to exclude other plant species, whereas the brown roof is open for colonization of a large variety of local plant species.

## **3 Layout and construction**

The roof garden is located atop a two-storey building and is directly exposed to wind and sun. A 150 mm layer of chalk forms the base of the 200 square meter garden. The choice of chalk is motivated by the long tradition of chalk quarries in Malmö area. In fact, the abundance of chalk in the Malmö region is an important factor for its relatively high biodiversity, as compared to other parts of Sweden. Chalk is always present in the brown field areas of Malmö, not least of all in the grand land fillings of Malmö Harbour. The chalk layer for the garden was collected directly from these filling areas and then put on the roof. This, of course, gives us a large variety of fractions of the chalk stone. Stones considered to be too large, with a diameter more than 400mm, were excluded or parted, but in general all the chalk material was unprocessed and raw. This was considered to be an advantage, mostly because the seed bank of the material was kept intact. Furthermore, the different fractions would promote the situation for organic life.

With the chalk as a base, the garden is supplemented with various areas such as dry meadows, shallow water and a plant nursery. The dry meadow occupies  $\frac{1}{4}$  of the surface, and is a species-rich area with many perennials. Due to its biotic demands, it required a thicker organic layer. The meadow's 300 mm soil layer is necessary to provide the proper conditions for the dry meadow, in terms of nutrition and water supply. By modelling the dry meadow into a hilly landscape in miniature, a great variation of local conditions is accomplished. The hills reach a height of approximately 1000 mm above the roof, but only the top layer is organic. The rest of the garden is kept strictly soil-less, or close to that, to support plant and organic life.

For the accumulation of shallow water in the garden, smaller pits are formed by gravel, and one larger iron pond is set out. The water is, of course, very important to biotic life on the roof, but it is not regulated to maintain a certain level of

supply. Instead, the water supply is permitted to fluctuate with natural drainage, rain and evaporation. A plant nursery has also been set up to breed threatened species of brown field landscapes. The nursery is, in fact, like a small factory for brown field plants. These plants are later to be set out into different brown field areas in and around Malmö.

Besides the chalk, different inorganic materials of gravel, brick, iron and sand are placed on the surface to form entities. These materials are also typical to brown field lands. They are modelled into small hillocks and piles, and comprise different fractions and textures. Together, this content of chalk, inorganic and organic material, water, and the modelled surface form a mosaic structure that is typical of brown fields. In this miniature landscape, the situation of heat, moisture, mineral nutrition and wind vary at a micro-level, and provide excellent conditions to support rich biodiversity.

#### **4 Strategy for plants and their movements**

Included within the collection of the chalk from the industrial harbour of Malmö was a natural seedbank. The seedbank, together with naturally colonizing species from the surroundings, will form the base of the plant community as the garden evolves over time.

This means that there is no fix design suggesting how plant material should be kept. Neither is there a list of what plants shall be tolerated or abolished. Instead, it is the unplanned movement of the garden itself that is one of the main principals for how it will evolve into the future. The garden is perceived as something that will, and shall, change over time. For this reason, spontaneous colonization of plants is encouraged by design. A clear aim is to reach the specific mixture of the brown fields containing pioneer species, extreme strategists and threatened cultural plants. The seedbank is also supplemented with mature plants chosen for their typical appearance in brown field areas. These mature plants have been collected from other sites around Malmö, all industrial and brown field areas. Small typical brown field plants have also been introduced from plant breeders, for example the dry meadow plants. Together, this plant material forms a broad and rich environment as a start for the garden.

Except for the dry meadow, very little organic material has been supplied to the garden. Some soil was provided in the planting of perennials, but only as the plug form around each plant. There will be no further supplies in the future. This means that only plants tough enough to cope with the extreme conditions will survive. The microclimate in this miniature landscape varies from one place to another, from one day to the next. Plants will move around, spread, thrive and die, but it is all a part of the brown field concept. The garden is thus open for change over time.

#### **5 Design idea**

The design approach was to capture the uniqueness of brown field landscapes. This is very different from replicating an existing site. Instead, the physical design work has its basis in exploring the basic ideas of the brown field land. The main theme for the site at Augustenborg has therefore been Force versus Contra force, a theme with drama.

The brown field presents itself with a rich variety of elements. Exotic plants, threatened cultural species, natural domestic flora all exist side by side. Birds, insects and small animals are numerous. The brown field really works as a hotbed for flora and fauna. It is rich in flowering species. Half open. Comprise rapidly heated areas. Exposed to the sun. Open to the wind. A detailed miniature world on the ground, surrounded by the width of open landscape is common. Together they form a grand landscape, just on the edge of urbanity, not much different from the idea of the distant wilderness.

But the rich brown field landscape also has demands. It requires disturbance, again and again, because it is force and contra force that determines this special type of nature. Only in the clinch between the repeatedly rough handling of the Earth by Man, and the continuous responses in growth by Nature, can the unique composition of the brown field landscape emerge. This process can be called Force versus Contra force. From one side comes Man's constant will to organize the site. Land is compounded and dug out, excavated and filled out. Established growth and life are pushed away, disturbed. The activities leave traces of Culture like abandoned concrete foundations, old cranes, and railroad tracks. In the line, the circle, and the quadrant, there exists a geometry that systematizes these activities. The cultural acts are characteristic of brown field land, much like the typical materials encountered there (eg. iron, brick, chalk, gravel and sand), in all its fractions and states (ie. spread as filling or well, organized in piles and stacks).

Nature's Life force comes from the other side, struggling to regain lost territories in an uninterrupted wave of colonization. Seeds and roots struggle to establish themselves. Only species rightly equipped manage to adapt to the difficult conditions. Extreme strategists and pioneer species exert their opportunities here, but rare plants and exotics can also find their specific niches. When Man leaves the area, these specialists will colonize. Without the disruptive effects of Culture, however, the characteristic life of the brown field land will be outcompeted by species of later successional states, for which the land was prepared. This Force versus Contra force of Culture versus Nature thus gives us the precise balance where the richness and uniqueness of the brown field landscape can exist. Without the constant struggle between the organized and the free, the drama would cease to exist, and just become regular tidy culture or common free nature.

## **6 Aims and future development**

This experimental garden aims at gaining practical experience in brown field construction. Much has been gained already, as applicable knowledge of construction and maintenance of a brown roof garden, often by following the principals developed for other green roofs. With time, we will know more about what kind of plant material will actually thrive, and what will disappear. Research connected to the garden will describe the richness of organic life and biodiversity, such as establishment and development of plants and insect communities. During 2005, students from the Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, and Lund University, Sweden, have made assessments of colonizing plants and insects on the roof. Cooperation has also been established with Gyongyver Kadas, in London, regarding studies of spiders and insects. The results are not available at this point of time.

The garden is open for research concerning the dynamics of brown fields, but has a specific purpose in addressing professional and public visitors. A clear aim is to spread the idea that brown field roofs are an attractive form of roof covering, with advantages in both an aesthetical and, not the least, ecological point of view. Sen har jag inte plantlistan hos mig, men du har ju den. Skulle kunna lägga med den, bara latin såklart, men inte nödvändigt. Om den inte är med så är det bättre att stoppa in några namn – som gullris, ekorkorn, björk tex, i texten som handlar om växtdynamik/strategi ovan.

Mårten Setterblad  
Department of Landscape Architecture, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 52  
SE-230 53 Alnarp, SWEDEN  
[lomarset@stud.slu.se](mailto:lomarset@stud.slu.se)

Annika Kruuse af Verchou  
City of Malmö, Department of Public Works  
Anckargripsgatan 3  
SE-211 19 Malmö, SWEDEN  
[annika.kruuse@malmo.se](mailto:annika.kruuse@malmo.se)

# **Langzeitentwicklung extensiver Dachbegrünungen: Eignen Sie sich als Dauerlebensraum für die Bodenmeso- und -makrofauna ?**

**Tillmann K. Buttschardt, Institut für Geographie und Geoökologie, Universität Karlsruhe, Deutschland**

## **Abstract**

Dachbegrünungen extensiver Bauweise besitzen aufgrund ihrer baubedingten Eigenschaften scharfe Restriktionen für die Lebensraumbedingungen der sie besiedelnden Pflanzen und Tierwelt. Bis auf den Faktor Licht, sind nahezu alle primären Standortfaktoren limitiert: begrenzter Wurzelraum, temporärer Wassermangel bzw. Wasserüberschuss und dann ein Sauerstoffmangel im Wurzelraum, extreme Temperaturschwankungen sowie ein künstlich knapp gehaltenes Nährstoffangebot charakterisieren diese Standorte. Auch eine zeitliche Entwicklung ist an diesem extrem vom Menschen abhängigen Standort nicht unbegrenzt möglich. An den ältesten Dachbegrünungen Süddeutschlands - sog. Holzzementdächern - mit einem Alter von bis zu 100 Jahren, lassen sich langfristige Entwicklungen beobachten und dokumentieren. Hier interessiert insbesondere die Frage: Stellen Extremereignisse, wie etwa der Hitzsommer 2003, dessen Haupteinfluss auf Dachbegrünungen sicherlich in der extremen Austrocknung zu sehen ist, oder lang andauernde Frost-/ oder Regenperioden so gravierende Einschnitte in der biozönotischen Entwicklung von Dachbegrünungen dar, dass deren Eignung als Dauerlebensraum für die Bodenfauna in Zweifel gezogen werden muss?

Der Vortrag stellt einen Ansatz vor, in welchem extensive Dachbegrünungen, ausgeführt nach Norm-Vorgaben (FLL-Richtlinie), mit spontanbegrüntem, gründerzeitlichen ‚Grasdächern‘ und verschiedenen ebenerdigen Referenzflächen verglichen wurden.

## **Long-term development of extensive green roofs: Are they suitable as permanent habitat for soil meso- and macrofauna?**

Due to their design-based qualities, extensive green roofs possess sharp restrictions in terms of habitat for colonizing plant and animal species. Up until the factor of light, close to all the primary habitat factors are limited. Characteristics of these areas include limited rooting space, either too little or excessive water availability, the latter accompanied by insufficient oxygen in the rooting zone, also extreme temperature fluctuations, and artificially constrained nutrient supply. Even timely development of this extreme, human-dependent site is only possible to certain limits. The oldest green roofs in south Germany, so-called wood cement roofs, which may be up to 100 years old, permit the observation and study of long-term developments. This context permits the question: Do extreme events, like the hot summer of 2003, which must certainly play a major role through extreme dessication, or long-lasting frost- or rain periods, present grave incisions into the biological development of green roofs, such that their suitability to host long-term soil fauna communities falls under doubt? This paper presents the attempt to compare various ground level extensive green roofs, installed according to FLL standards, with various reference surfaces. Through a so-called Time-Through-Space-Substitution, ongoing developments can be closed. In particular, ecosystem parameters could be identified which revealed the abundance of living communities very small critters (soil-mesofauna), population dynamics, variation in cover of plant communities, or changes in the "soil-" substrate. By means of a synopsis, this presentation will provide current data and results from studies of soil macro-fauna, as well as our own findings of soil-mesofauna, as a comprehensive evaluation of extensive green roofs as permanent habitat for soil critters. Attempts were made to estimate the impacts of possible extreme events on these fauna. Furthermore, recommendations are made for greening methods, design examples and substrate types that are suitable for mitigating the negative effects of the above-mentioned events. Durch eine so genannte Zeit-durch-Raum-Substitution kann auf lang anhaltende Entwicklungen geschlossen werden. Insbesondere ökosystemare Parameter, wie etwa die Abundanzen von Lebensgemeinschaften sehr kleiner Tiere (Bodenmesofauna), Populationsdynamiken, Deckungsvarianzen der Pflanzengemeinschaften oder Veränderungen des "Boden"-Substrates können so aufgezeigt werden. Im Vortrag wird anhand einer Zusammenschau der derzeit vorliegenden Daten und Untersuchungsergebnisse zur Bodenmakrofauna einerseits sowie mittels Darstellung eigener Untersuchungsergebnisse zur Bodenmesofauna andererseits, eine umfassende Bewertung von extensiven Dachbegrünungen als Dauerlebensraum für Bodentiere gegeben. Es wird versucht, die Auswirkung möglicher Extremereignisse

auf die endogäische Fauna abzuschätzen. Zudem werden Begrünungsmethoden, Gestaltungsbeispiele und Substratempfehlungen gegeben, die geeignet sind, negative Auswirkungen der o.a. Ereignisse abzumildern.

## 1 Einführung

Dachbegrünungen extensiver Bauweise besitzen aufgrund ihrer baubedingten Eigenschaften scharfe Restriktionen für die Lebensraumbedingungen der sie besiedelnden Pflanzen und Tierwelt. Bis auf den Faktor Licht, sind nahezu alle primären Standortfaktoren limitiert: begrenzter Wurzelraum, temporärer Wassermangel bzw. Wasserüberschuss und dann ein Sauerstoffmangel im Wurzelraum, extreme Temperaturschwankungen sowie ein künstlich knapp gehaltenes Nährstoffangebot charakterisieren diese Standorte. Auch eine zeitliche Entwicklung ist an diesem extrem vom Menschen abhängigen Standort nicht unbegrenzt möglich. An den ältesten Dachbegrünungen Süddeutschlands - sog. Holzzementdächern - mit einem Alter von bis zu 100 Jahren, lassen sich langfristige Entwicklungen beobachten und dokumentieren. Hier interessiert insbesondere die Frage: Stellen Extremereignisse, wie etwa der Hitzsommer 2003, dessen Haupteinfluss auf Dachbegrünungen sicherlich in der extremen Austrocknung zu sehen ist, oder lang andauernde Frost- / oder Regenperioden so gravierende Einschnitte in der biozönotischen Entwicklung von Dachbegrünungen dar, dass deren Eignung als Dauerlebensraum für die Bodenfauna in Zweifel gezogen werden muss? An dieser Stelle ist auch zunächst zu thematisieren, was Langlebigkeit von Dachbegrünungen überhaupt heißen kann.

### 1.1 Was heißt langlebig?

Die Entwicklung von Lebensräumen vollzieht sich normalerweise in langen bis sehr langen Zeiträumen. Insbesondere Klimaxgesellschaften, wie etwa Wälder oder Moore haben hierbei Entwicklungszeiten, die im Bereich von ein bis mehreren tausend Jahren liegen. Derartige Biotoptypen erhalten daher in den derzeit gängigen, deutschen Biotopbewertungsverfahren einen sehr hohen bzw. Höchstwerte zugewiesen (z.B. VOGEL u. BREUNIG 2004).

Insgesamt sind menschliche Bauwerke nicht sehr langlebig. Ohne Unterhaltung, Wartung und beständige Erneuerung sind die den Atmosphären ausgesetzten Gebäude bereits nach wenigen Dekaden verfallen. Eine so genannte „Langzeitentwicklung“ von Dachbegrünungen kann also nur etwa 10 bis 100 Jahre umfassen. Lebenserwartungen, die diese Zeitspanne überschreiten mag es für Intensivbegrünungen geben, etwa Stadtbefestigungsanlagen oder aufwändige Tiefbauwerke, für extensive Dachbegrünungen dürfte ein weit geringerer Zeitraum gelten. Aktuell ist davon auszugehen, dass die Haltbarkeit des Abdichtungspaketes etwa 60 % über jenen 25 Jahren liegt, die für herkömmliche Dachdeckungen im Flachdachbereich angesetzt werden, also etwa bei 40 Jahren (HÄMMERLE 1999). Die Systemhersteller Zinco bzw. Optima geben für ihre Dächer eine Gewährleistung von 20 Jahren<sup>1</sup>. Eine Umschichtung oder ein Abräumen des Substrates zu Reparaturzwecken hat zweifelsfrei tief greifende Auswirkungen auf Pflanzen- und Tierlebensgemeinschaften.

Langlebigkeit muss jedoch auch vor dem Hintergrund der geographischen Lage und des Temperatur- und Niederschlagsregimes einer zu betrachtenden Region gesehen werden. Sorgen im Extremsommer 2003 in Süd- und Ostfrankreich, Italien und Deutschland hohe Temperaturen und das weitgehende Ausbleiben der Sommerniederschläge für starke Schäden an den Vegetationsschichten, war dies in atlantisch geprägten Regionen kaum der Fall. Vor allem länger anhalten Trockenheit in der Vegetationsperiode sorgte hier für Ausfälle und Artenschwund.

## 2 Wertgebende Merkmale von Dachbegrünungen

In der Vermarktung einerseits sowie in der ökologisch orientierten Stadtplanung andererseits werden derzeit die Vorteile von extensiven Dachbegrünungen in verschiedener Hinsicht hervorgehoben. Gerne werden hier die umweltrelevanten Aspekte an erster Stelle benannt, auch wenn sie selten genauer beschrieben werden und oft pauschal in die Aussage münden: "Dachbegrünung bietet bedrohten Tieren und Pflanzen einen neuen Lebensraum [...] Nachweislich können Pflanzen und die Tiere, die bisher als vom Aussterben bedroht galten, in großer Zahl auf begrünten Dächern wieder angetroffen werden."<sup>2</sup> (s.a. Tabelle 1). Vielfach existieren jedoch gerade hier noch wissenschaftliche Defizite, insbesondere zur Fauna.

---

<sup>1</sup> <http://www.zinco.de/flachdachsanieuerung/systemloesungen/sicherheitsdach.php>  
[http://www.optigruen.de/Dachbegruenung/Dachbegruenung\\_6.html](http://www.optigruen.de/Dachbegruenung/Dachbegruenung_6.html)

<sup>2</sup> <http://www.haemmerle-gruendach.de/artigr/artigr1.html>

**Tab. 1** "Gute Gründe für eine Extensive Dachbegrünung" (Quelle: FBB Internet-Auftritt, Online-Inf.3). Die Reihenfolge der Aufzählung wurde unverändert übernommen.

- neue Lebensräume für Flora und Fauna
- Verbesserung des Mikroklimas (Luftverbesserung, Staubreduzierung)
- Verbesserung der Wohn- und Lebensqualität
- Reduzierung versiegelter Grundstücksflächen
- Tritt- und Luftschalldämmung, Lärmreduzierung für die Anwohner
- Abflussverzögerung und Rückhaltung von Niederschlagswasser und Wiedereinbringung in den natürlichen Wasserkreislauf
- Reduzierung physikalischer, chemischer und biologischer Beanspruchung des Dachaufbaues und insbesondere der Dachabdichtung, zusätzlicher Schutz gegen äußere, mechanische Beschädigungen der Dachhaut
- Energieeinsparung durch Wärmedämmung
- Bindung von Schadstoffen

Weitere wertgebende Merkmale sind monetärer Art; so soll sich für den Bauherren die Wasserrückhaltung lohnen, dies insbesondere bei sogenannten gespaltenen Abwassersatzungen (HÄMMERLE 1995). Hinzu kommt die längere Lebenserwartung, welche mit dem vorgenannten Gesichtspunkt geeignet sei, die höheren Investitionskosten zu amortisieren. Unabhängig von den Argumenten, die von den Herstellern propagiert werden, lässt sich jedoch eine klare Priorisierung des Nutzens von extensiven Dachbegrünungen benennen:

- **Ästhetischer Wert**  
An erster Stelle ist der gärtnerisch-visuelle Wert von Dachbegrünungen hervorzuheben. Sie kaschieren, eintönige, nackte, leblose und zumeist auch graue Gebäudeoberflächen, seien sie nun mit harter Bedachung oder als Bitumen-/Kiesdach ausgeführt. Nicht zu unterschätzen ist hierbei der floristisch sich ändernde Jahreszeitenaspekt, der allen, die auf ein solches Dach blicken können, visuelle Abwechslung bietet. Betrachtet man demnach die Internetseiten der ausführenden Firmen, so sprechen die dort vertretenen Bilder für sich; es ist ganz klar der optische Reiz hervorgehoben; aufwändige Begrünungen dominieren.
- **Bauphysikalischer und monetärer Wert**  
Wärmedämmung, Langlebigkeit sowie der Schutz der Dachhaut vor Einstrahlung, Säureeintrag, Temperaturschwankungen sowie vor elektromagnetischer Strahlung stehen hier im Vordergrund und sind eindeutig als Vorteile zu werten, die sich u.U. für den Eigentümer auch in Geldwerten auszahlen können.
- **Umweltwirksamer Wert**  
Extensive Dachbegrünungen halten Regenwasser zurück und tragen durch Evapotranspirationsprozesse zu einem geschlossenen Wasserkreislauf bei. Dieser Beitrag ist in seiner Dimension abhängig vom Niederschlagsverlauf und ist in sehr regenreichen Monaten deutlich geringer ausgeprägt. Der Hauptnutzen liegt in der Abschwächung der Niederschlagsspitzen durch Retentionswirkung, was zu einer verminderten Stoßbelastung der Kanalisationssysteme führt.  
Durch die Wärmekapazität und die temperaturnausgleichende Wirkung setzen Dachbegrünungen thermische Belastungen von dichten Bebauungen herab. Zu beachten ist hierbei, dass dieser Effekt nur bei vorhandener und geschlossener sowie photosyntheseaktiver Vegetationsschicht in nennenswertem Umfang vorhanden ist. Im Gegensatz zu relativ glatten harten Bedachungen und durch die Vegetationsstruktur auch wirksamer als Kiesdächer, unterstützen Dachbegrünungen die Deposition von Staubpartikeln.  
Schließlich besitzen extensive Dachbegrünungen eigene Lebensraumfunktionen für Flora und Fauna. Häufig setzen hier Argumente aus dem Naturschutzrecht an, die Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahme propagieren. Letztlich sind extensive Dachbegrünungen jedoch lediglich Minderungsmaßnahmen, da sie die schädlichen Umweltwirkungen des betreffenden Gebäudes reduzieren. Ein Ausgleich kann für keines der Umweltpotenziale angenommen werden. Auch die Lebensraumfunktion unterliegt starken Schwankungen sowohl in der Ausprägung der Vegetationsschicht, als auch in der Frequenz, Häufigkeit und Dauerhaftigkeit der tierischen Besiedlung.

---

<sup>3</sup> <http://www.fbb.de/gruen/gruen.html>, vom 15.07.2005

### 3 Zur Dauerhaftigkeit der Vegetationsgesellschaften

Die deutsche Planungsliteratur geht davon aus, dass eine relativ große Zahl von Arten, meist mit submediterranean bis mediterranem Verbreitungsschwerpunkt, den extremen Bedingungen der Dachstandorte gewachsen ist. KRUPKA (1992) nennt 6 Flechtenarten, 21 Moosarten, 29 Sukkulenten-Arten, 32 Zwiebel- und Rhizompflanzenarten, 51 Grasarten sowie 145 krautige Sippen. In deutlichem Widerspruch hierzu stehen die niedrigen Artenzahlen der bislang vegetationskundlich untersuchten älteren bis sehr alten spontanbegrünter Dachflächen. Die durchschnittlichen Artenzahlen pro Dachstandort liegen bei BORNKAMM (1961) bei 9,1 Arten (135 Aufnahmen), bei BOSSLER & SUSZKA (1988) bei 9,8 Arten (35 Aufnahmen) sowie bei ZECHMEISTER (1992) bei 12,3 Arten (23 Aufnahmen). Auf Karlsruher Dachflächen wurde eine durchschnittliche Artenzahl von 14,3 Arten (44 Aufnahmen) ermittelt (BUTTSCHARDT 2001). Dass dies auch für Systembegrünungen gilt, belegen mehrjährige Studien von WIENHAUS & ROTH-KLEYER (1994) in Veitshöchheim/Main. Sie fanden über einen Beobachtungszeitraum von fünf Jahren einen Artenverlust von bis zu 100 %. Dieser war je nach syntaxonomischer Herkunft sehr unterschiedlich. Einen nur geringen Rückgang (18 %) etwa zeigten die *Sedo-Scleranthetea*-Arten auf, während Arrhenateretalia-Arten einen Verlust von 82 % aufwiesen. Die Autoren mussten die Ansicht von KOLB & SCHWARZ (1986) revidieren, wonach auf Substratschichten kleiner 10 cm die dauerhafte Ansiedlung einer großen Zahl heimischer Wildpflanzen der Zwergstrauchheiden, Sand- und Magerrasen oder Felsgrusgesellschaften möglich sei. Als Hauptträger extensiver Dachbegrünungen müssen daher vor allem die *Sedum*- sowie einige Moos-Arten gelten. Darüber hinaus kommen nur wenige sonstige Arten hinzu (vgl. auch RIEDMILLER 1994). Eine Verstärkung dieses Effektes tritt bei mangelhafter bzw. unterlassener Pflege ein (ROTH-KLEYER & RUPPERT 1998). Nur sehr wenige Taxa sind demnach auch nach längerer Zeit noch auf den Dächern anzutreffen. Es muss also der weit verbreiteten Auffassung widersprochen werden, dass auf extensiven Dachbegrünungen langfristig artenreiche Bestände etabliert werden können. Noch dazu solche, die „viele Arten der Roten Liste“ (KOLB & SCHWARZ 1986) beherbergen sollen.

Es lässt sich nach BUTTSCHARDT (2001) festhalten, dass die soziologische Progression auf Dachflächen sehr langsam verläuft. Wesentliche resultierende Gesellschaften pflegeloser Gründächer sind Syntaxa der Klasse *Sedo-Scleranthetea*, wobei in unterschiedlichem Maße Arten der kurzlebigen Ruderalfluren und Hackfruchtgesellschaften fluktuierend beteiligt sind. Es muss mit 10-30 Jahren Entwicklungszeit gerechnet werden, bis weitere annuelle Arten eingewandert sind. Nur bei entsprechend reichhaltig vorhandener Diasporengesellschaft werden die einzelnen Arten langfristig auf dem Dach erhalten bleiben, da insbesondere für anspruchsvollere Arten der Trockenrasen (div. Gräser, *Dianthus spec.*, *Potentilla spec.*) meist keine Diasporenquellen im Umfeld zur Verfügung stehen. Um den Aufbau von entsprechenden Diasporenbanken sicherzustellen, sollte keinesfalls am Saatgut gespart bzw. eine entsprechende Mindestmenge festgeschrieben werden.

### 4 Methodik

Zur Bewertung von extensiver Dachbegrünungen hinsichtlich ihrer Eignung als Dauerlebensraum für bodengebundene Tiere existieren bislang nur wenige Untersuchungen. In der Regel wurden in der Vergangenheit stichprobenartig Dachflächen beprobt, um qualitativ und quantitativ die Besiedlung von Dachbegrünungen durch Tierarten zu beleuchten. Der Ansatz der hier vorgestellten Studie baut auf einen Vergleich von extensiven Dachbegrünungen, ausgeführt nach Norm-Vorgaben (=Systembegrünungen), mit spontanbegrünter, gründerzeitlichen Grasdächern (=Spontanbegrünungen) und verschiedenen ebenerdigen Referenzflächen auf. Hierzu wurden das Alter der Dachflächen (Zeit-durch-Raum-Substitution), ihre Lage sowie Nachbarschaftsbeziehungen berücksichtigt. Die spontanbegrünter Dachflächen waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen zwischen 40 und 110 Jahren alt; die Systembegrünungen besaßen zum Zeitpunkt der Untersuchungen ein Alter zwischen 5 und 9 Jahren. Durch den Vergleich der beiden Flächentypen sollte eine Abschätzung der Langzeitentwicklung der extensiver Dachflächen ermöglicht werden. Neben den eigentlichen faunistischen Erhebungen wurden Bodenkennwerte (Köhn-Analyse der Bodenart), Bodentemperaturmessungen (PT 100 Temperatur-Sensoren in drei verschiedenen Substrattiefen) sowie zusätzliche bodenchemische Faktoren ermittelt.

Die Erfassung der Bodenmesofauna erfolgte mittels eines Extraktionsgerätes vom Canister-Typ, das in Anlehnung an KEMPSON et al. (1963) und KOEHLER (1984) konstruiert wurde, in welchem, mittels der Austreibungsmethode, die Bodenmesofauna über drei Jahre erfasst wurde. Hinzu kamen die Erfassung der Anneliden- und Nematodenfauna durch nasse Extraktion sowie Bioaktivitätstests mittels der Köderstreifenmethode (KRATZ 1998).

Die untersuchten Dach- und Referenzflächen liegen bis auf eine Ausnahme alle im zentralen Stadtgebiet von Karlsruhe, einer südwestdeutschen Großstadt (268.000 EW) in weitgehend ebener Niederterrassenlage (114 m.ü.NN). Hohe som-

merliche Lufttemperaturen und milde Winter kennzeichnen das Untersuchungsgebiet als eine der wärmsten Regionen Deutschlands. Die jährlichen Niederschläge liegen bei etwa 750 mm.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Voraussetzungen für das Bodenleben: Wie entwickelt sich das Substrat

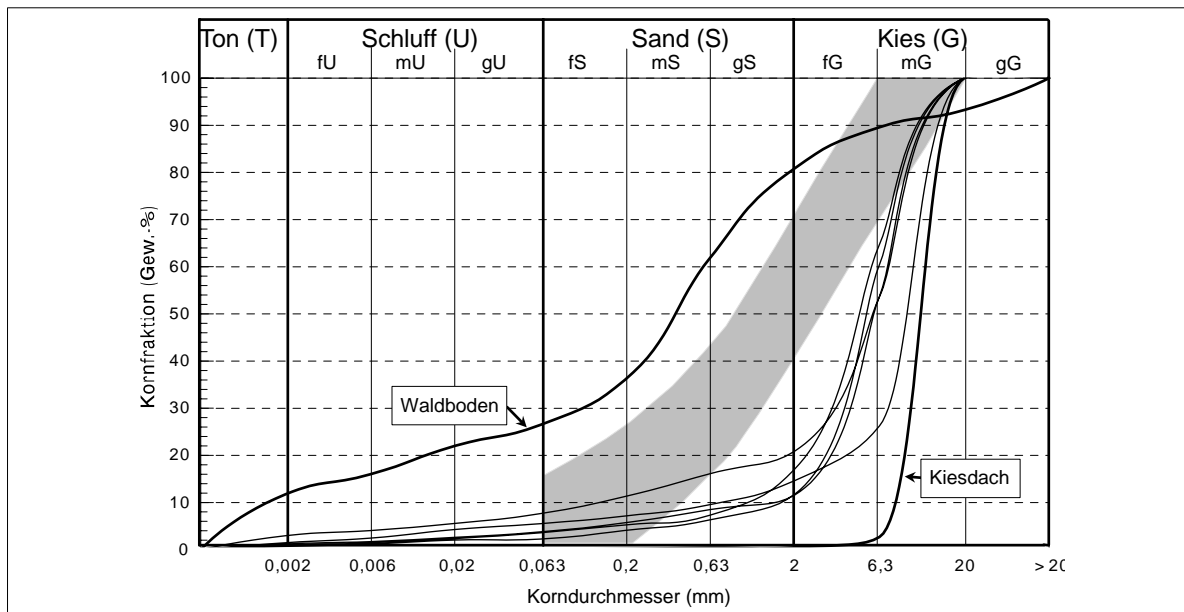
In der Literatur sind für begrünte Dächer Temperaturen von maximal 25°C. beschrieben Diese Angaben basieren vermutlich auf Mittelwertangaben wie sie z.B. im Rahmen eines Modellvorhabens im Jahre 1988 von KÖHLER et al. (1993) ermittelt wurden. Es wurden dort vergleichende Messungen begrünter und unbegrünter Flächen durchgeführt. Limitierende Faktoren für die Biozönosen sind jedoch die Extremwerte. Mittelwertbildungen sind wenig aussagekräftig. Vielmehr sind extensive Dachflächen extremen Temperaturbedingungen mit Spitzentemperaturen von deutlich über 45°C bis 60°C ausgesetzt. Die auftretenden Bodentemperaturen bedeuten demnach häufig – nach Labormaßstäben – lufttrockene Böden. Dadurch, dass die Bodentemperaturen jedoch sehr eng an den Genuss von kurzweiliger Strahlung gekoppelt sind, treten derartige Bedingungen nur während Schönwetterperioden mit hohem Strahlungsinput, vornehmlich im Frühsommer auf. Es stellte sich heraus, dass Substrate mit einer geringen thermischen Leitfähigkeit und einer größeren Schichtmächtigkeit deutlich abgemilderte Temperaturverläufe zeigen und damit sowohl in Bezug auf den Wasser- als auch auf den Wärmehaushalt günstigere Bedingungen aufweisen. Gleichzeitig muss darauf hingewiesen werden, dass sich dunkel gefärbte Substrate ebenso negativ auf die Lebensraumfunktionen von Flora und Fauna auswirken. Die hier ermittelten Werte dürften angesichts der hohen Sommertemperaturen in Karlsruhe als Spitzenwerte für ganz Deutschland gelten.

Die Ersatzböden der Dachbegrünungen entsprechen in vielen ihrer Substratparameter bereits wenige Jahre nach dem Einbau nicht mehr den Vorgaben der FLL-Richtlinie (FLL 1995). Insbesondere gilt dies:

- für die Korngrößenzusammensetzung,
- den Salzgehalt und
- den Humusgehalt.

Die Analysen zur Korngrößenverteilung haben auf den Systemflächen zu grobe Schüttungen nachgewiesen (Abb. 1). Die Vorgaben der FLL-Richtlinie sind für die Substratherstellung bestimmt und werden ausschließlich an nicht eingebauten Substraten im Zustand „definierter Laborverdichtung gemessen“ (ebd:48). Der Vergleich mit den spontanbegrünten Flächen hat jedoch gezeigt, dass es weder für den Wasserhaushalt noch für die anderen wesentlichen Parameter schädlich ist, den Feinkornanteil zu erhöhen.

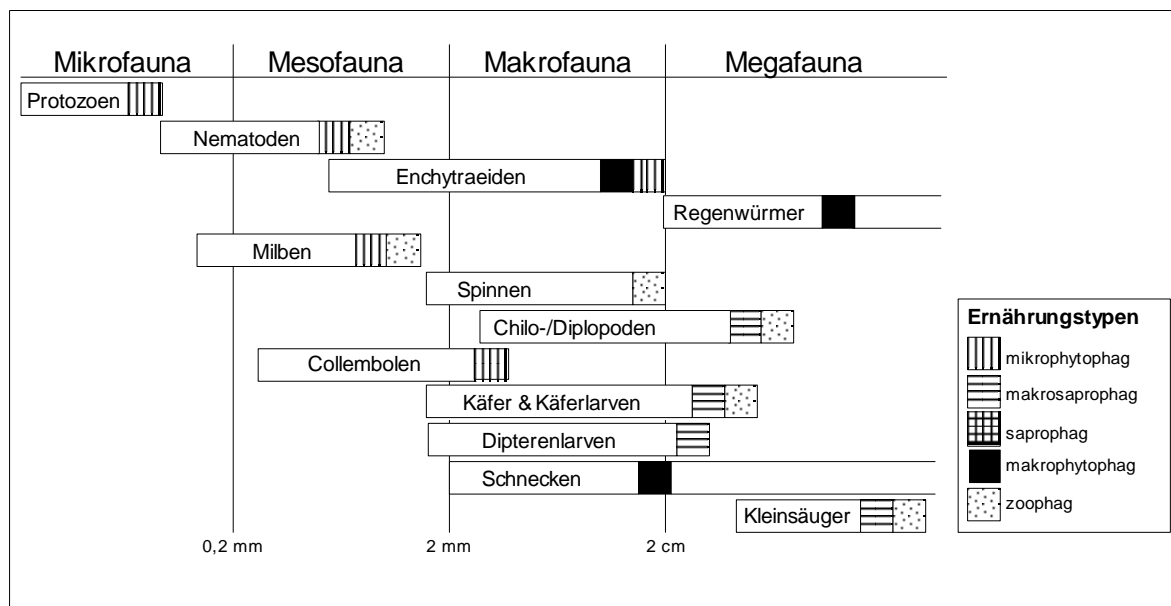
Die Salz- und Humusgehalte sind als über der Norm liegend registriert worden. Ausreichende Nährstoffversorgung und starkes Pflanzenwachstum führen bei unvollständiger Dekomposition zwangsläufig zur Humusanreicherung. Daher ist weder zu erwarten, dass die Humusgehalte auf dem anfänglichen Niveau verbleiben, noch ist dies wirklich problematisch. Die Salz- und Nährstoffgehalte sind bei einzelnen Substraten sehr hoch. Hier sollte auf eine Einhaltung der Normwerte geachtet werden, wobei die Hersteller eine entsprechende Sorgfalt walten lassen müssen.



**Abb. 1** Schar der Kornsummenkurven der Systembegrünungen und Referenzflächen (der grau hinterlegte Bereich entspricht der Norm für einschichtige Begrünungen gemäß FLL-Richtlinie)

## 5.2 Bodenmakrofauna

Die Größeneinteilung sowie Zuordnung der einzelnen Tiergruppen zum Edaphon ist in Abb. 2 wiedergegeben. Die Makrofauna - und hier vor allem Laufkäfer, Spinnen, Käfer, Hautflügler, Wildbienen, Schmetterlinge, Heuschrecken, Regenwürmer, Asseln, Doppelfüssler, Gehäuse- und Nacktschnecken - wurden in mehreren Untersuchungen betrachtet.



**Abb. 2** Einteilung der wichtigsten Tiergruppen des Edaphons und ihre Zuordnung zu trophischen Gruppen (neugezeichnet nach BECK 1993)

Das Fazit fast der Untersuchungen bleibt sehr allgemein (s.a. Mann 1998):

- extensive Dachbegrünungen sind für etliche Tierarten Teilhabitate
- sie können Trittstein-Funktionen übernehmen.

Es zeigt sich also, dass in den wenigsten Fällen extensive Dachbegrünungen einen vollwertigen Lebensraumsatz für die Bodenmakrofauna darstellen. Die klimatische Extremsituation wirkt sich vor allem auf die Ringelwürmer sowie die

Nematoden aus. Gerade in Aufbauten unter 10 cm finden diese Tiergruppen sowie auch Asseln und beispw. Chilopoden keine langfristigen Lebensmöglichkeiten. Fehlen diese Elemente der Makrofauna, können Vertreter der Mesofauna in Massenvorkommen die jeweiligen ökologischen Nischen besetzen.

## 6 Mesofauna

Abbildung 3 zeigt im Vergleich eine Übersicht der Tierdichten der Bodenmesofauna auf den untersuchten Flächen. Es wird deutlich, dass vor allem Springschwänze und Hornmilben auf Dächern einen Dauerlebensraum finden. Insbesondere letztere sind an hohe Temperaturen hervorragend anatomisch angepasst. Auch sind Anpassungsstrategien, wie die Überdauerung der ungünstigen Jahreszeit in Ruhestadien (Diapausen) verbreitet. Hinzu kommen Raubmilben, Larvalstadien der Zweiflügler sowie solche von Käfern, jedoch in untergeordneter Dominanz. Mit den Raubmilben und überwiegend zoophagen Käferlarven finden sich in Dachsubstraten mehrere trophische Ebenen und somit charakteristische bodenökologische Zusammenhänge wieder.

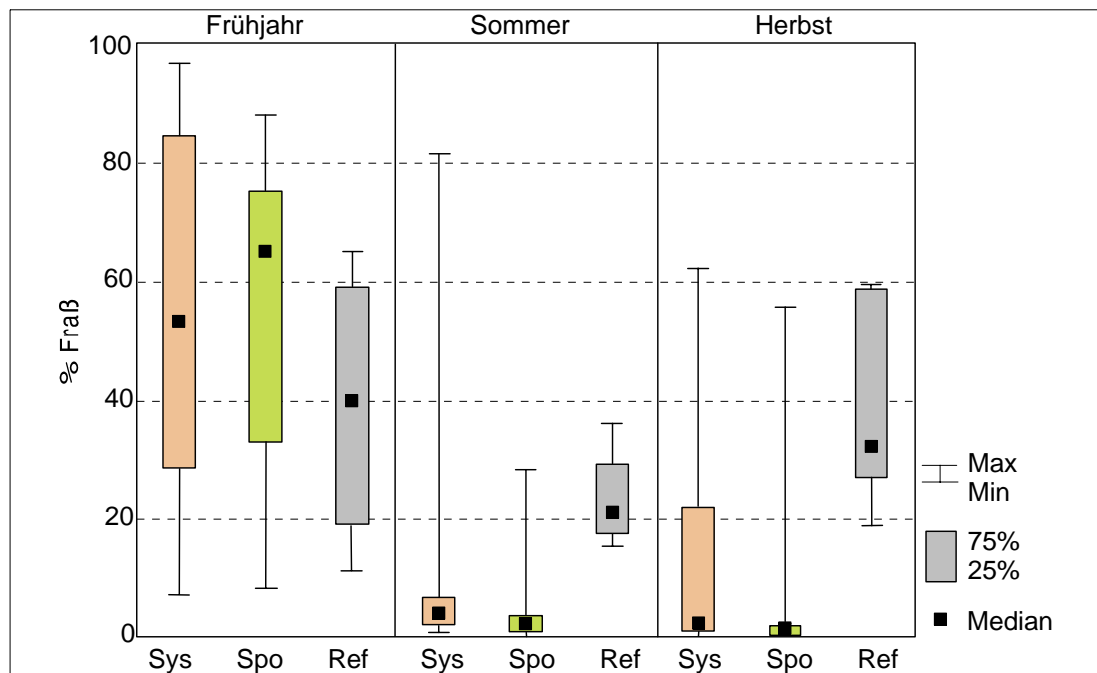
**Abb. 3** Vergleich der mittleren prozentualen Vorkommen der Tierdichten

	Systemdächer	Spontanbegrünungen	Referenz: Wald
Enchytraeidae	-	-	0,1 %
Chilopoda, Isopoda, Diplopoda (Vielfüßer)	-	-	0,6 %
Collembola (Springschwänze)	46,3 %	56,3 %	38,6 %
Oribatida (Hornmilben)	44,7 %	20,0 %	47,8 %
Gamasida (Raubmilben)	5,5 %	8,2 %	10,9 %
Diptera (Zweiflügler)	2,0 %	4,1 %	0,7 %
Coleoptera (Käfer)	1,2 %	1,1 %	0,1 %
Andere	0,3 %	10,2 %	1,4 %

Die absoluten Tierdichten sind auf den systembegrünten Dachflächen deutlich geringer als am ebenerdigen Standort unter Wald und betragen bei Collembolen 43%, bei Oribatiden 34% und bei Gamasinen 18% der Vergleichsfläche.

Betrachtet man den Jahresverlauf der Fraßaktivität, so ergibt sich das in Abbildung 4 gezeigte typische Muster. Im Frühjahr zeichnen sich die Dachbegrünungen sogar durch eine höhere biologische Aktivität auf, als die bodengebundenen Referenzflächen. Dies liegt einerseits an der thermischen Gunst durch Wärmeverluste aus dem Gebäude. Andererseits steht auch meist ausreichend Wasser zur Verfügung. Im Sommer gehen die Fraßaktivitäten nahezu auf Null zurück und können sich auch im Herbst nicht wirklich erholen. Dies heißt einerseits, dass die Fraßleistung auf Dachbegrünungen in sehr viel stärkerem Maße als am Boden wirklich von der Mesofauna ausgeht, andererseits übernehmen Dipterenlarven die Rolle der Makrofauna. Hoch- und spätsommerlich finden sich – bedingt durch ihren Lebenszyklus – von allen Tieren nur geringe Abundanzen.

So gilt also für die Bodenmesofauna - und wohl in einem ähnlichen Maße auch für die trophisch nachgeschalteten Kettenglieder der Makrofauna - eine jährliche Zyklizität. In Jahren mit extremer Witterung ist hier mit Ausfällen zu rechnen. Andererseits zeigen sie als weitgehend r-selektionierte Flächen auch ein hohes Wiederbesiedlungspotenzial.



**Abb. 4** Vergleich der Fraßaktivität nach verschiedenen Probeflächentypen (Sys = Systembergünung, Spo=Spontanbegrünung, Ref = Referenzflächen)

## 7 Diskussion und Folgerungen

Auf Dachbegrünungen treten als einschränkende Faktoren sehr hohe Temperaturen und sehr niedrige Wassergehalte auf. Die gemessenen Maximalwerte der Bodentemperatur betragen zwischen 45 und 60°C. Die Wassergehalte gingen auf den Systembegrünungen bis auf 0,7 Gew.-%, auf den Spontandächern sogar bis auf 0,3 Gew.-% zurück. Dies schränkt die Lebensbedingungen für die Bodenfauna so weit ein, dass charakteristische Artengruppen nicht vertreten sind. Folgende Tiergruppen lassen sich auf extensiven Dachbegrünungen in nicht atlantisch geprägtem Klima nicht nachweisen oder kommen nur vereinzelt vor:

- Regenwürmer (*Lumbricidae*),
- Enchyträen (*Enchytraeidae*),
- Asseln (*Isopoda*) und
- Vielfüßer (*Myriapoda*).

Die faunistischen Erhebungen bieten zwar noch kein komplettes Bild, dennoch kann festgehalten werden, dass die durchwurzelbare Schichtdicke als alleiniges Kriterium zur Bewertung nicht ausreicht. Sie bedingt zwar die Wachstums- grenzen und die Besiedlungsmöglichkeiten der Flora, dennoch ist die Vegetationsstruktur und die Korngrößenzusam- mensetzung mit entscheidend. Hier stehen sowohl eine möglichst heterogene Struktur als auch eine möglichst hohe Blütenzahl und Blütendichte für die entsprechende Insektenfauna im Vordergrund. Optimal sind daher schwankende Schichtstärken. Die Wertigkeit der Dachbegrünungen kann sehr einfach dadurch gesteigert werden, dass die Sub- stratmächtigkeiten wechseln. Hierbei ist eine Höhendifferenzierung zwischen 8 und 20 cm sehr leicht zu erreichen, denn die Substratmenge würde bei gleichmäßiger Verteilung für eine Schichtstärke von 12 cm ausreichen. Für die Statik ist diese Vorgehensweise unproblematisch, da die Substrate so verteilt werden können, dass die stärker belast- baren Gebäudeteile auch die größeren Lasten aufnehmen. Bei einer inhomogenen Verteilung muss auch die Bepflan- zungstechnik entsprechend variiert werden. Auf den Anhögelungen könnten Handpflanzungen erfolgen, während die übrigen Bereiche nach gängigen Verfahren begrünt werden.

Zur Aufrechterhaltung einer ausreichend dichten Vegetationsbedeckung und damit einer Optimierung der Lebens- raumverhältnisse für die Bodenfauna sollte besonders in den ersten Jahren und zu Zeiten extremen Niederschlagman- gels gewässert werden. Es hat sich gezeigt, dass sich insbesondere lückig gewordene *Sedum*-Dächer nur sehr langsam erholen.

## 8 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag stellt einen Ansatz vor, in welchem extensive Dachbegrünungen, ausgeführt nach Norm- Vorgaben (FLL-Richtlinie), mit spontan begrünten, gründerzeitlichen ‚Grasdächern‘ und verschiedenen ebenerdigen Referenzflächen verglichen wurden. Durch eine so genannte Zeit-durch-Raum-Substitution kann auf lang anhaltende Entwicklungen geschlossen werden. Insbesondere ökosystemare Parameter, wie etwa die Abundanzen von Lebensge- meinschaften sehr kleiner Tiere (Bodenmesofauna), Populationsdynamiken, Deckungsvarianzen der Pflanzengemein- schaften oder Veränderungen des "Boden"-Substrates können so aufgezeigt werden.

Es zeigt sich, dass extensive Dachbegrünungen nur für ausgewählte Vertreter der Bodenfauna einen Dauerlebensraum darstellen und dass dieser aufgrund der starken Schwankungen bei den exogenen Faktoren Temperatur und Feuchte auch regelmäßigen Besiedlungsrückgängen unterworfen ist. Generell kann gesagt werden, dass Begrünungen mit einer Mächtigkeit von unter 10 cm keine stabilen Lebensverhältnisse bieten. Je heterogener die Substratzusammensetzung, die Substratmächtigkeit und die Vegetationsstruktur und je dichter die Vegetationsbedeckung umso größer sind die Chancen für eine dauerhafte Besiedlung begrünter Dachflächen.

## 9 Literatur

- BECK, L. (1993): Zur Bedeutung der Bodentiere für den Stoffkreislauf in Wäldern. *Biologie in unserer Zeit*, Jg. 23:286-294.
- BORNKAMM, R. (1961): Vegetation und Vegetations-Entwicklung auf Kiesdächern. *Vegetatio* Jg. X, H. 1:1-24.
- BOSSLER, S. & B. SUSZKA (1988): Spontanvegetation auf Dächern in Osnabrück. *Das Gartenamt*, Jg. 37, H. 4:209-223.
- BUTTSCHARDT, T.K. (2001): Extensive Dachbegrünungen und Naturschutz. *Karlsruher Schriften zur Geographie und Geoökologie*, Band 13
- FLL (FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG UND LANDSCHAFTSBAU) (Hrsg.) (1995): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Troisdorf.
- HÄMMERLE, F. (1995): Kosten-Nutzen-Analyse einer extensiven Dachbegrünung. *Dach + Grün*, H. 1:2-5.
- HÄMMERLE, F. (1999): Die Wirtschaftlichkeit von Gründächern aus der Sicht des Bauherrn. *Der Dachdeckermeister* 5/99:44-46
- KEMPSON, D., M. LLOYD & R. GHELARDI (1963): A new extractor for woodland litter. *Pedobiologia*, Bd. 3, H. 1:1-21.
- KOEHLER, H. (1984): Methodische, ökologische und Experimentelle Untersuchungen zur Sukzession der Mesofauna der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina (Acari, Parasitiformes). Dissertation Universität Bremen.
- KÖHLER, M., G. BARTH, T. BRANDWEIN, D. GAST, H. G. JOGER, U. SEITZ & K. VOHWINKEL (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. Stuttgart.
- KOLB, W. & T. SCHWARZ (1986): Neue Lebensräume auf dem Dach – Möglichkeiten der Extensivbegrünung. *Anthos*, Bd. 1:4-10.
- KRATZ, W. (1998): The bait-lamina test. General aspects, applications and perspectives. *ESPR – Environ. Sci. & Pollut. Res.* Jg. 5, H. 2:94-96.
- KRUPKA, B.W. (1992): Dachbegrünung. Pflanzen- und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Stuttgart.
- LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (HRSG) (2003): Dachbegrünung - aber wie? Garten- und Friedhofsamt in Verbindung mit der Stabsabteilung Kommunikation (Team Öffentlichkeitsarbeit), Stuttgart
- MANN, G. (1998): Vorkommen und Bedeutung von Bodentieren (Makrofauna) auf begrünten Dächern in Abhängigkeit von der Vegetationsform. Dissertation Universität Tübingen.
- RIEDMILLER, J. (1994): Untersuchungen zur Anlage, Besiedelung und Vernetzung von anthropogenen Sekundärbiotopen auf Dachflächen. Dissertation Universität Heidelberg.
- ROTH-KLEYER, S. & T. RUPPERT (1998): Vegetationsentwicklung auf pflegelosen, dünnenschichtigen Dachbegrünungen. *Stadt und Grün*, H. 11:827-834.
- VOGEL, P., T. BREUNIG (2004): Bewertung der Biotoptypen Baden-Württembergs zur Bestimmung des Kompensationsbedarfs in der Eingriffsregelung. Entwurf eines Gutachtens der Landesanstalt für Baden-Württemberg LfU, Karlsruhe.
- WIENHAUS, H. & S. ROTH-KLEYER (1994): Einheimische Pflanzenarten für die extensive Dachbegrünung. *Neue Landschaft*, H. 1:40-46.
- ZECHMEISTER, H. (1992): Die Vegetation auf Flachdächern von Großbauten aus der Jahrhundertwende. *Tuexenia N.S.*, Bd./Jg. 12:307-314.

Dr. Tillmann Buttschardt  
Institut für Geographie und Geoökologie I  
Universität Karlsruhe (TH), Deutschland  
Tillmann.Buttschardt@ifgg.uni-karlsruhe.de

**Session 3B:**  
**Green roof substrates:**  
**water balance, stockflow**

***Dachbegrünungssubstrate:***  
***Wasserhaushalt, Stoffflüsse***

# **Quantifying evaporation and transpirational water losses from green roofs and green roof media capacity for neutralizing acid rain.**

**R. D. Berghage, D.J. Beattie, A.R. Jarrett, F. Rezaei, and A. Nagase,**  
**Department of Horticulture and Department of Agricultural and Biological Engineering, Penn State University,**  
**USA**

## **Abstract**

The green-roof industry in North America is still very small relative to the potential market. Growth is limited by high costs, misinformation, and a lack of local experience and understanding of the potential benefits by both developers and policy makers. The Penn State Center for Green Roof Research was established to provide and disseminate research based data to the North American green roof market. Current research projects at the Center include a major effort to address and better quantify two potential benefits to green roofs. There is excellent data available from many research sites which demonstrates that a green roof will retain 50% or more of the stormwater intercepted by the roof. It is also clear that the retention is a function of the media, the roof buildup, plants and the environment. What is less clear is the rate of water loss (evapotranspiration) from the various plants used on a green roof. We have developed a system of weighing lysimeters and are using them to determine evapotranspiration rates from selected green-roof plants. Data suggest that water loss rate during the first 3-5 days after irrigation (rain) follows classic evapotranspiration models. After 4-10 days water loss rates of planted systems slows, shows potential CAM activity and, in fact, often shows plant water gain from the atmosphere. There is also a great interest in using green roofs in North America as a tool for improving runoff water quality. Preliminary data we have collected suggests that one of the most consistent positive effects of a green roof on runoff is the neutralization of acid precipitation. Using accelerated aging tests and simulated acid rain we have been investigating the potential for green roofs to provide long term mitigation of acid roof runoff. Preliminary data suggests that there are differences in the long term buffering potential and short term pH recovery of media based on the parent aggregate material. Data also suggests that some green roof plants may acidify the media, while may others raise pH. Data from both these research projects will be presented and discussed.

## **Quantifizierung des Wasserverlustes begrünter Dächer, bedingt durch Verdunstung und Transpiration, und der Leistungsfähigkeit des Substrats zum Neutralisieren sauren Regens**

Die Nordamerikanische Dachbegrünungsindustrie ist, entsprechend einem denkbaren Markt, noch relativ sehr klein. Wachstum wird durch hohe Kosten, falscher Information und durch Mangel an lokaler Erfahrung und Verständnisses für mögliche Vorteile von PlanerInnen und PolitikerInnen gehemmt. Das „Penn State Center for Green Roof Research“ wurde entwickelt, um forschungsbasierte Daten an den Nordamerikanischen Dachbegrünungsmarkt liefern und streuen zu können. Die aktuellen Forschungsprojekte bemühen sich hauptsächlich um die bessere Quantifizierung von zwei potentiellen Vorteilen der Gründächer. Es gibt ausgezeichnete Daten von verschiedenen Forschungsstandorten, die aufzeigen, dass ein begrüntes Dach wenigstens 50% des Regenwasser zurückhält. Auch ist es deutlich, dass Wasserrückhaltung eine Wirkung des Substrats, des Aufbaus, der Pflanzen und der Umwelt ist. Weniger deutlich ist die Wasserverlustrate (Evapotranspiration) der verschiedenen Pflanzen, die auf begrünten Dächern vorkommen werden. Wir haben ein System von wiegenden Lysimetern entwickelt, die die Evapotranspirationsrate von ausgewählten Dachbegrünungspflanzen misst. Daten deuten an, dass die Wasserverlustrate während den ersten 3-5 Tage nach Wässerung (Regen) dem klassischen Evapotranspirationsmodell entspricht. Nach 4-10 Tage zeigen die gepflanzten Systeme verlangsamte Wasserverlustraten, sowie mögliche CAM Aktivität an, und öfters zeigen sie sogar Pflanzenwasseraufnahme aus der Atmosphäre an. In Nordamerika gibt es auch Interesse an Dachbegrünung als Verbesserungswerkzeug für Ablaufwasserqualität. Daten aus Voruntersuchungen deuten an, dass eine der am meisten konsistenten positiven Wirkungen von Dachbegrünung auf Ablaufwasser, die Neutralisierung von Sauerregen ist. Durch Titrationsexperimente und simulierten Sauerregen, wir das Potenzial der Dachbegrünungen für die langfristige Milderung von saurem Dachwasserablauf untersucht. Daten aus ersten Voruntersuchungen empfehlen, dass das „Muttermaterial“ des Substrats unterschiedliche Leistungsvermögen an langfristigem Pufferpotenzial und kurzfristiger pH Erholung haben sollte.

Daten deuten auch an, dass manche Pflanzen das Substrat besäuren können, sowie anderen den pH-Wert erhöhen können. Von den beiden Forschungsprojekten werden Daten präsentiert und diskutiert.

## **1 Introduction**

Significant water quality and quantity issues result from stormwater runoff from increasingly developed areas in North America. For the five-year period from 1997 to 2001 the rate of urban development averaged 890,000 ha/year (2,400 ha/day) (NRCS, 2003). Development and attendant runoff results in water quality impairment and quantity management issues throughout the affected watershed. For example, nutrient loading (a widespread result of agricultural runoff) may be replaced as the critical impairment issue for a watershed by increased peak flows, flooding, and urban pollutant loads as runoff is collected from impervious pavement and roof surfaces.

Rooftop greening is being examined as a method to reduce these impacts by reducing the impervious surface within a developed zone (Scholz-Barth, 2001). The stormwater benefits offered by green roofs include not only direct retention of a significant portion of the rainfall, but also by delaying the runoff peak and decreasing the peak rate of runoff from the site (PACD, 1998).

Most extensive green roofs currently being installed in North America consist of four distinct layers: an impermeable roof cover or roofing membrane, a "drainage net," lightweight growth medium (about 8cm), and adapted vegetation (PACD, 1998). The drainage layer is an open, highly permeable material that quickly channels gravitational water off the roof. The growth medium, in addition to providing a suitable rooting zone for the selected vegetation, should be of low density and have high water-holding capability while also providing good drainage. A light-weight medium allows for retrofit installation on older buildings, and also reduces the need for extra structural support in new buildings. Medium chemical and physical properties play an important role in stormwater retention, runoff quality, and plant growth. Plants provide shade to the surface below the foliage, intercept rainfall, and slow the direct runoff from sloped roofs (Miller, 1999).

The use of green roofs in Germany is widespread and has been promoted in many cities through financial incentives (Pederson, 2001). Economies of scale, contractor experience, and specialized equipment have reduced the cost of installing a green roof in Germany and throughout Europe. In contrast, installing a green roof in the United States can be very expensive, adding from \$6, to more than \$40 per square foot, to the cost of the roof. Other barriers also limit widespread use of green roofs in the US. Engineers, developers, and policy makers are unsure of the actual quantifiable benefits of a green roof. Annual reductions of runoff of 38 to 54% (Miller, 1998) and 38 to 45% (Scholz-Barth, 2001) have been reported for 3" thick roof media.

The City of Portland Oregon has developed guidelines for Green Roofs stating that some jurisdictions may reduce water and sewer charges, or may provide financial incentives to developers who retain stormwater on site, and that green roofs can help reduce the size of stormwater management ponds. Much of the existing published information on green roof performance in North America has been collected from pilot scale or sometimes commercial scale green roofs where a green roof or section of a roof is compared with a non-green section over time.

Little scientifically based replicated data has been collected in North America. Denardo (1995) reported retention of 100% of rains smaller than 15mm and 25% of larger rains in October, and 43% of larger rains in November with replicated green roofs in Central PA. Jarrett et al. (2004) reported green roof retained 48, 53 and 78% of larger rains in May, June and July in Central PA respectively. Although water retention by the medium and evaporation from it can be fairly easily modelled and represented mathematically, the addition of plants, particularly drought tolerant crassulacean acid metabolism (CAM) plants, with their unique ability to close stomates during the day complicates predicting water retention (Jarrett et al, 2005).

The Center for Green roof Research at Penn State, established in 2000, promotes green roof research, education, and technology transfer. ([http://hortweb.cas.psu.edu/research/green roofcenter/index.html](http://hortweb.cas.psu.edu/research/green%20roofcenter/index.html)). It is the only facility of its type in the US with replicated small buildings for the study of extensive green roofs. We have collected performance data from our green roof structures over the last 3 years. Data collected during 2002 and the very wet summer of 2003 indicate that the green roofs will retain approximately 40-50% of the annual precipitation (Denardo, 2003; Jarrett et al, 2004). Retention from individual storm events ranged from 0% to 100% depending on rainfall amount, frequency and media saturation. The green roofs also delayed runoff and reduced peak runoff rates. Water quality data collected in

2002 and 2003 show that green roofs can improve water quality in runoff, particularly in their ability to neutralize acid precipitation.

Our research programs focus on identifying potential benefits and limitations to adoption of green roofs and providing the data and professional training needed to demonstrate their effectiveness. Our efforts suggest that the most likely cost effective reason for a developer or zoning board to promote the use of green roofs is their ability to retain and detain stormwater, thus reducing or eliminating the need for increased stormwater management infrastructure on the part of the municipality or watershed management board, and reducing or eliminating the need to set aside development land for onsite stormwater management basins. In either case the costs and benefits are direct, easy to understand, and easy to assign to an individual entity.

One of the major limitations to promoting this use of green roofs is the lack of accepted design tools or models to predict the effects of the green roofs, and a major limitation in current models is our lack of a good understanding of evapotranspiration (ET) by the green roof systems. We have begun to address this need with our current research by developing accurate and dynamic estimates of ET. Our current effort, funded in part by the US EPA, involves quantifying and modeling ET for a roof planted with two succulent species, *Delosperma* and *S. album*.

Further research at the Center is addressing a major runoff water quality issue that preliminary data suggests green roofs could effectively remediate. Our data demonstrates the ability of a green roof to neutralize acid rain and increase the pH of the runoff. Although the effects are clear and consistent, the potential benefit has not been fully explored or quantified. Acid precipitation is known to cause a number of problems in urban runoff including acid leaching of metal ions from rooftop flashings, downspouts and other exposed metals on the roof. A green roof has the potential to all but eliminate this pollution source. To manage a green roof for this purpose over the long term, we must understand both the exchange capacity of the medium (ability to adsorb metal ions) and the acid buffering capacity (ability to neutralize acid rain) inherent in the green roof system. Also important to understand is the frequency and effects of routine maintenance procedures, such as liming, as needed to maintain this capacity over the life span of the green roof.

## **2 Materials and Methods**

### **2.1 System description**

A green roof weighing lysimeter test bed system in a computer-controlled greenhouse section on the University Park Campus of the Pennsylvania State University was used to conduct this research. Eight green roof test beds (105cm long, 54 cm wide and 10cm deep) were each suspended by cables from an Omega Mini-beam LCEB-150 (0-68kg) load cell (Omega Mfg, Stanford Ct.). A Campbell Scientific 21x data logger with 2 (two?) 16 channel multiplexers was used to collect and record output from the load cells and other measurement systems. Each test bed box contained a multi-layer green roof system consisting of a drainage mat (Enka-drain 9615, Cold Bond, Enka, NC) covered with approximately 9 cm of a commercial green roof medium (Hydrox, Big River Industries, Alpharetta, GA). Each lysimeter was suspended with a 1:12 pitch (approximately 8% slope) with a drainage slit in the box at the lower end. Drainage water was collected in a 4 inch gutter and directed to a collection bucket. Four lysimeters are vegetated and 4 contain the green roof system without plants. Beds were vegetated with a mixture of *Sedum album* and *Delosperma nubigenum* which covered 80-95% of the surface of the bed throughout the project.

### **2.2 Environmental parameters measured**

Air temperature and medium surface temperature were measured with Omega Copper-constantan thermocouples. Two thermocouples measured surface temperature of vegetated lysimeters and 2 measured surface temperature of non-vegetated lysimeters. A wet bulb-dry bulb thermocouple pair located in an aspirated sensor box was used to measure air temperature and calculate relative humidity. In addition, 2 infra-red thermocouple sensors (IRTC Exergen, Watertown, MA) were installed, one directed to measure surface temperature of a vegetated- and one directed to measure surface temperature of a non-vegetated lysimeter.

Light quantity was determined using a Licor Pyranometer (Lincoln, NE) mounted 2 meters over the lysimeter systems. Wind speed was measured with an Omega hot wire anemometer. A pan system was used to estimate evaporation, and was composed of an open body of water in an 11.5 cm diameter and 6 cm depth container connected to an Omega PX26 pressure transducer.

### **2.3 Field evaluation system description**

Field data were collected from the Center for Green Roof Research site in Rock Springs, PA, about 10 miles west of State College, PA. The field research site includes 6 small (1.83 m by 2.43 m) buildings, 3 with green roofs and 2 with rolled asphalt roofing and 1 building with half of the roof in the same multilayer green roof system as the green roof buildings, but without plants, and the other half with an open water storage reservoir with a storage capacity equal to the water storage potential of the green roofs at field capacity.

Buildings have a 1 in 12 slope (8%) with gutter at the low end of the roof to collect runoff or leachate. Gutters from each building are enclosed and connected to a 227 l (60 Gal) barrel with a pressure transducer (Omega PX26) connected to the drain at the bottom of the barrel. Data from pressure transducers are collected by a Campbell Scientific 21x Data Logger. Barrels are insulated and provided a minimal heat source to allow winter runoff measurements. The system collects and records pressure data within the barrels every 5 minutes and data are downloaded to a computer weekly. Weather data from the research site are collected from a weather station (Onset Computer Systems Inc) including a tipping bucket rain gage, temperature, light, humidity, and wind speed and direction sensors located on the corner of the roof of one of the buildings.

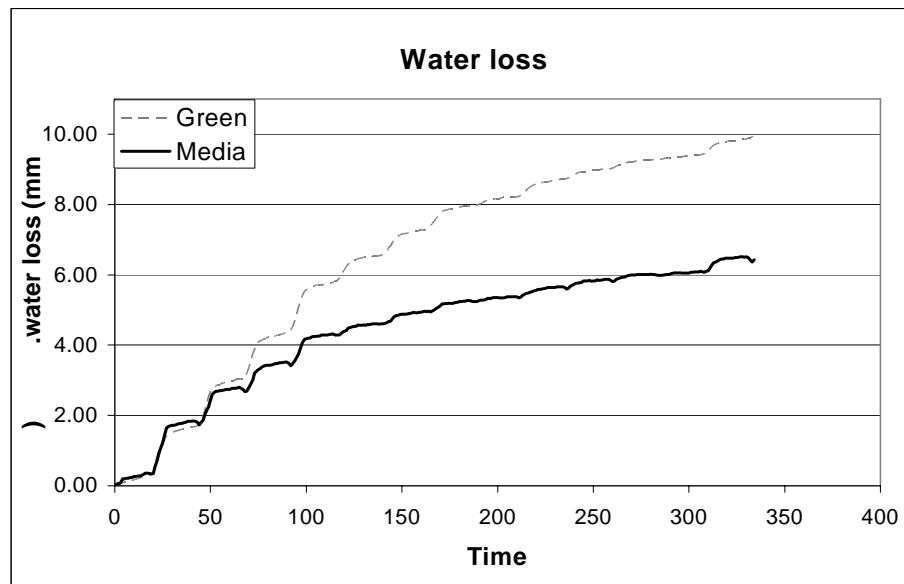
#### **2.4 Buffering capacity and pH.**

To examine the long term acid rain buffering characteristics of a green roof medium, an accelerated aging trial was conducted where 2 media, one based on expanded clay and the other based on expanded slate, were subjected to acid additions (5ml of .02M sulfuric acid each day). The pH was measured before and after the acid additions. Additionally, a number of green roof plant species were planted in each medium and subjected to simulated acid rain with a pH of approximately 4.

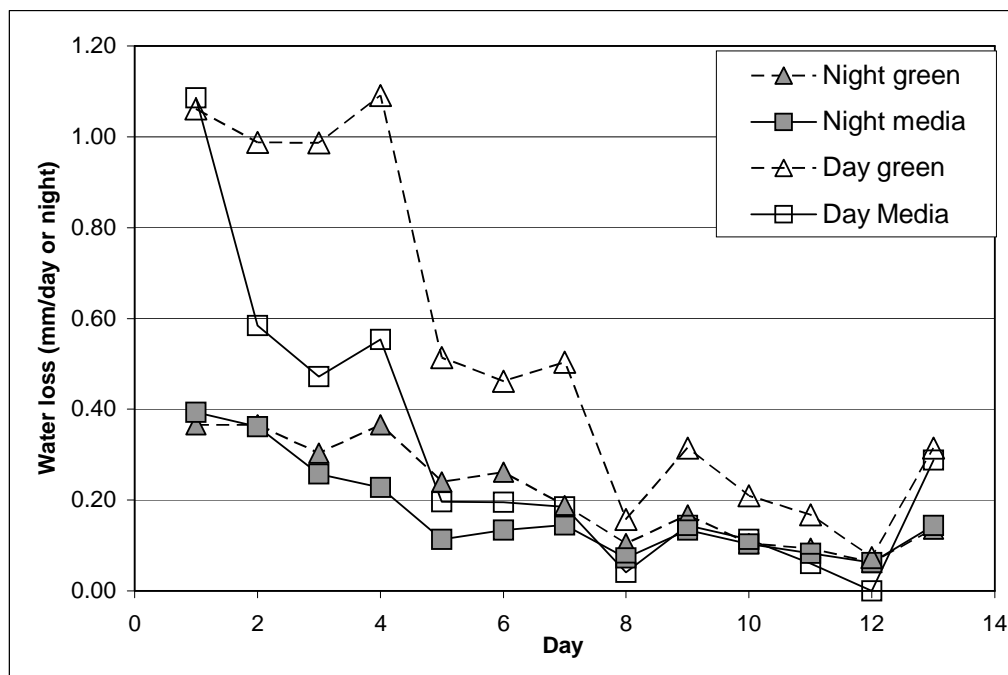
### **3 Results and discussion**

#### **3.1 Evapotranspiration rates**

Data collected in the fall of 2004 suggests that, as might be expected, water use was greater in planted than in unplanted systems. For example in one 14 day dry-down period (Figure 1) 6mm of water was lost through evaporation from unplanted systems, while 10 mm was lost from planted systems. In the beginning, water loss was similar for both systems. After a few days, however, water stored in the plants, and the roots' ability to extract water from deeper in the medium resulted in greatly increased water loss. Not only was the water loss greater, but there were some interesting patterns in water loss that emerged when the data were examined more closely (Figure 2).



**Figure 1.** Average cumulative water loss from planted and non-planted green roof lysimeter test beds in the fall. Data from a 14 day dry down data acquisition period.



**Figure 2** Average water loss during the daylight or night from planted and unplanted green roof lysimeter test beds in the fall.

In the beginning, water loss during the day greatly exceeded water loss at night. This was true for both planted and unplanted roof systems. The rate of water loss in the unplanted systems rapidly dropped over the first 4-5 days, presumably as the medium surface dried. In contrast, planted systems continued rapid and fairly consistent water loss. Water loss during the night was lower and was roughly equal in green and non-green systems during this period immediately following watering. After 3 to 4 days a change in the water loss patterns occurred in the planted systems. Water loss during the day dropped rapidly while water loss at night remained fairly consistent. The result is that the planted systems lost much more than unplanted systems at night during this phase, which lasted for about 4-5 days.

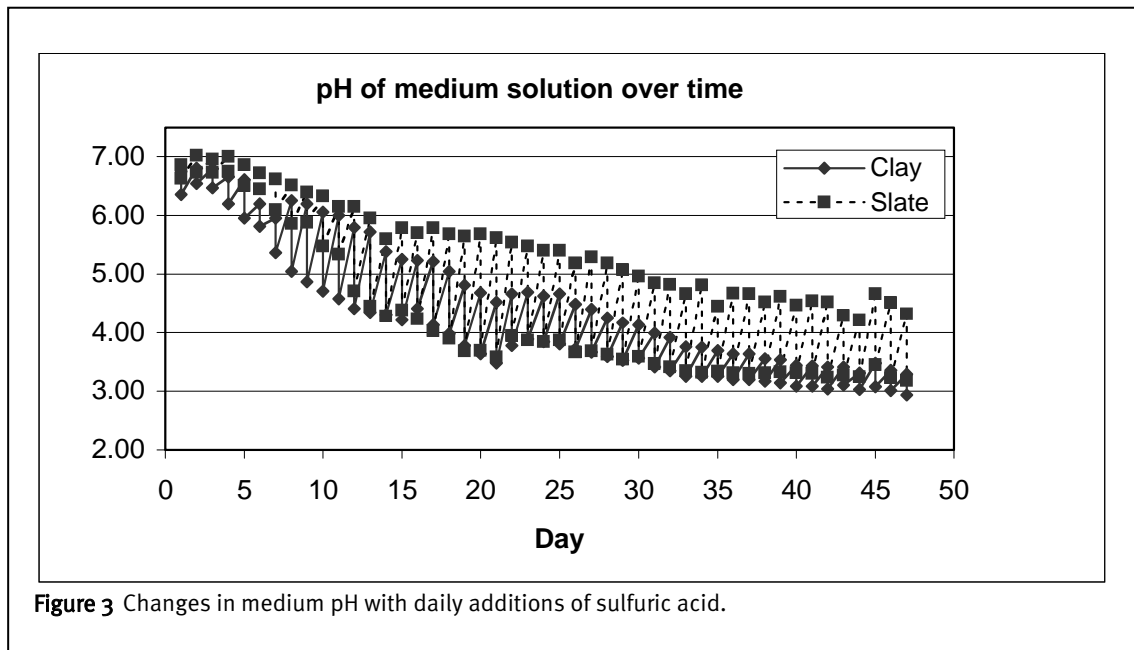
This change may correspond to plants utilizing CAM metabolism, or opening their stomates at night. After 7 or 8 days the water loss rate difference between green and non-green systems becomes increasingly small as plants become increasingly water stressed. Data from summer conditions suggests that water loss from planted systems at night is, in fact, less than from unplanted systems and that plants may in fact be extracting moisture from the air when the humidity is high (data not shown).

When standard ET models were applied to the data (Penman Monteith, FAO Penman, Original Penman, Blaney-Criddle), evapotranspiration was fairly well predicted ( $r$ .815, .644, .796, .697 respectively) during winter, when the systems were not too water stressed. During warmer periods, the models predict water loss for the first 7 days ( $r$ .855, .810, .794, .646 respectively), but did a poor job of predicting water loss after that as the systems became dry. These data suggest that we will need to develop some interesting and unique water loss model factors to account for the unique water loss patterns in these sedum carpet roofs if we are to accurately predict the rate of recharge for water detention capacity in these roofs.

### **3.2 Medium Buffering Capacity**

The commercial green roof media evaluated have tremendous potential to neutralize acid precipitation. Long term titration (accelerated aging) where acid is added daily to the medium shows the buffering potential (Figure 3). When acid was added the pH was reduced, but within 24 hours had greatly recovered. Over time the ability to recover declined and there were significant differences in the recovery between slate-based and clay-based media. The rate of pH recovery (acid rain buffering) appears to be lower in clay-based medium than slate based medium. Further, the recovery seems to be slower (Figure 4).

Comparing daily acid additions with additions every 4 days, or every week, it is clear that even with the same amount of acid added there are differences in the media pH recovery over time. Based on these preliminary accelerated aging (buffering potential) titrations it appears that while these media have high levels of pH buffering capacity, the capacity to neutralize acid precipitation becomes increasingly time dependent as the materials age. It seems likely that this trend and the differences in media responses will dictate different long term management approaches if neutralizing acid precipitation is a goal for the green roof.

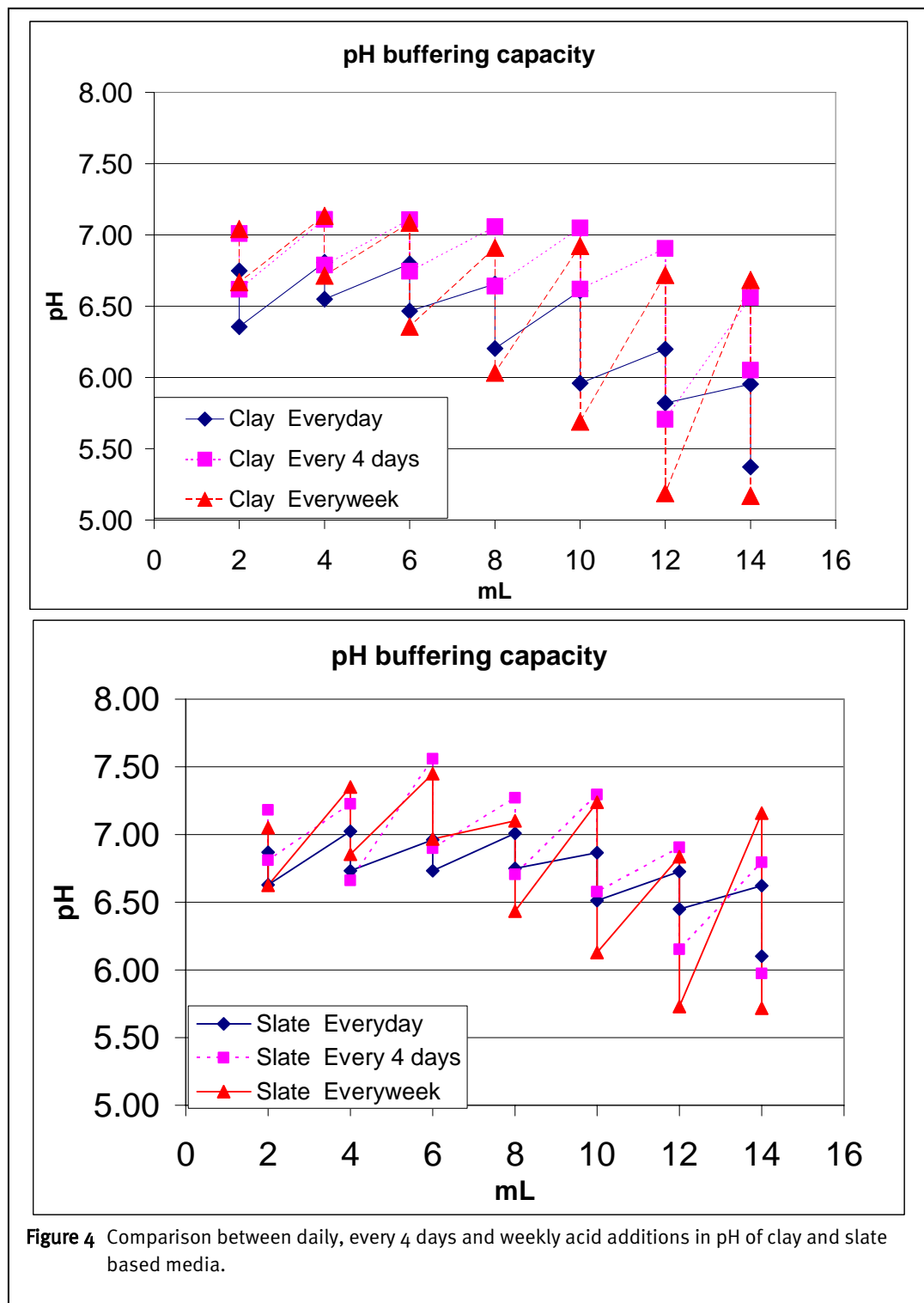


#### 4 Acknowledgements

This research was partially funded by the US EPA under cooperative agreement # 83124401-1

#### 5 References

- DeNardo, J. C. 2003. Green Roof Mitigation of Stormwater and Energy Usage. MS thesis. State College, PA: Pennsylvania State University, Department of Biological and Agricultural Engineering.
- Denardo, J.C., A.R. Jarrett, H.B. Manbeck, D.J..Beattie, and R.D. Berghage. 2004. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. Transactions of the ASAE (In Press)
- Jarrett, A.R., F. Rezaei, R.D. Berghage, and D.J. Beattie, 2005. Green Roofs as Stormwater BMP's ASAE Paper No. NABEC 05-0002.
- Jarrett, A. R., J. C. DeNardo, H. B. Manbeck, J. M. Hamlett, D. J. Beattie, and R. D. Berghage. 2004. Green Roofs: A Stormwater LID. ASAE Paper No. NABEC 04-0015.
- Miller, C. 1998. Vegetated Roof Covers: A new method for controlling runoff in urbanized areas. In Proc. Pennsylvania Stormwater Management Symposium. Villanova University. Villanova, PA.
- NRCS. 2003. National Resources Inventory: 2001 Annual NRI. USDA Natural Resource Conservation Service. Available at: [www.nrcs.usda.gov/technical/land/nri01/](http://www.nrcs.usda.gov/technical/land/nri01/).
- Pedersen, K. 2001. Meadows in the Sky: Contemporary Applications for Eco-Roofs in the Vancouver Region, MS thesis, Vancouver, BC.: UBC School of Architecture.
- Pennsylvania Association of Conservation Districts (PACD). 1998. Pennsylvania Handbook of Best Management Practices for Developing Areas. Harrisburg, PA.:PACD.
- Rezaei, F, A.R. Jarrett, R.D. Berghage, and D.J. Beattie. 2005 Evapotranspiration rates from Extensive Green Roof Plant Species. ASAE Paper No. 052150.
- Scholz-Barth, K. 2001. Green Roofs Storm Water Management from the Top Down. Environmental Design + Construction. January/February, 2001.



# Green Roof Water Recycling System 'GROW'

**Chris Shirley -Smith, Researcher, Imperial College London, UK**

## Abstract

For areas of the world less well-endowed with limitless supplies of fresh water for drinking, one of the options is to reclaim and recycle waste water, for uses which can adequately function with a less- than - high quality resource.

The Green Roof Water Recycling System ('GROW') is a patented system which can be mounted on the rooftop of a multi-storey urban block of flats to recycle grey 'wash' water to 'green' water for such uses as toilet flushing. This is achieved by passing the grey water through a series of simple, parallel descending channels filled with filtration medium into which native aquatic plants are rooted and whose roots contribute significantly to the purification of the water. GROW, whilst a stand alone system itself, can contribute to the green rooftop environment with flowering plants, many of which display foliage during the winter. In addition GROW contributes many of the environmental attributes usually associated with 'traditional' green roofs such as noise and temperature insulation, visual amenity and a habitat for wildlife. GROW is currently undergoing extensive (and thus far successful) trials at The School of Water Sciences, Cranfield University, UK.

## Wasser Recycling System von Dachbegrünungen (GROW)

Für Regionen auf der Welt, die eine limitierte Versorgung an frischem Wasser haben, ist die Regeneration und das Recycling von Abwasser für die Anwendungen, welche keine hohen Ansprüche an Qualitätswasser brauchen, eine Möglichkeit. Das „Green Roof Water Recycling System“ (GROW) ist ein patentiertes System das auf Dächern von Hochhäusern graues „Waschwasser“ in „grünes“ Wasser für Anwendungen, wie zum Beispiel: die Klospühlung, rezykliert. Das Grauwasser wird durch eine Serie von einfachen, parallel niedersteigende Rinnen durchgeführt, die mit einem Filtrationssubstrat gefüllt sind, in welchen einheimische Wasserpflanzen bewurzelt sind. Die Mitwirkung der Wurzeln zur Purifikation des Wassers ist bedeutsam. Während GROW ein unabhängiges System ist, kann es dazu beitragen, dass die Dachbegrünungs-Umgebung mit blühenden Pflanzen versehen ist, von welchen viele auch während des Winters Blätter tragen. Im Weiteren hat GROW auch ökologische Vorteile wie „traditionelle“ Dachbegrünungen. Wie zum Beispiel: Schall- und Temperatordämmung, sowie auch optische Vorzüge und Lebensräume für Wildtiere. Zurzeit wird GROW umfangreichen (und soweit erfolgreichen) Versuchen in der „School of Water Sciences“, Cranfield University, UK unterzogen.

## 1 Introduction

Much of the rationale for the installation of Green Roof systems, especially those being discussed at this Conference, is to reduce the rate of stormwater run-off in urban areas. There are also many other reasons for installing Green Roofs, but Water Works UK's Green Roof Water Recycling System (**GROW**) is designed for just that purpose – water recycling.

As such it sits slightly apart from the usual Green Roof concept, but is in fact designed to be an integral part of the same installation where appropriate, and GROW should be seen as set within a Green Roof surrounding despite having a slightly different function.

Fresh water resources are becoming scarcer, especially in certain parts of the world such as the Mediterranean Basin, Australia, the West Coast of the US, and even the South East of England. Often this scarcity perversely coincides with areas where the population is also becoming denser. From a water company's point of view, it is therefore important to consider appropriate solutions to address this problem, and one obvious solution is to reuse as much as possible of the lightly polluted waste water as close to its source as is convenient.

## 2 The GROW System

To that end, Water Works UK Ltd. (WWUK) has been working for a number of years on developing and testing a roof based, natural system, **GROW** (patented), which will treat grey water – that is, waste water from baths, hand basins and showers [and possibly washing machine rinse cycles], but not from kitchen sinks, food polluted outlets, or toilets – for reuse.

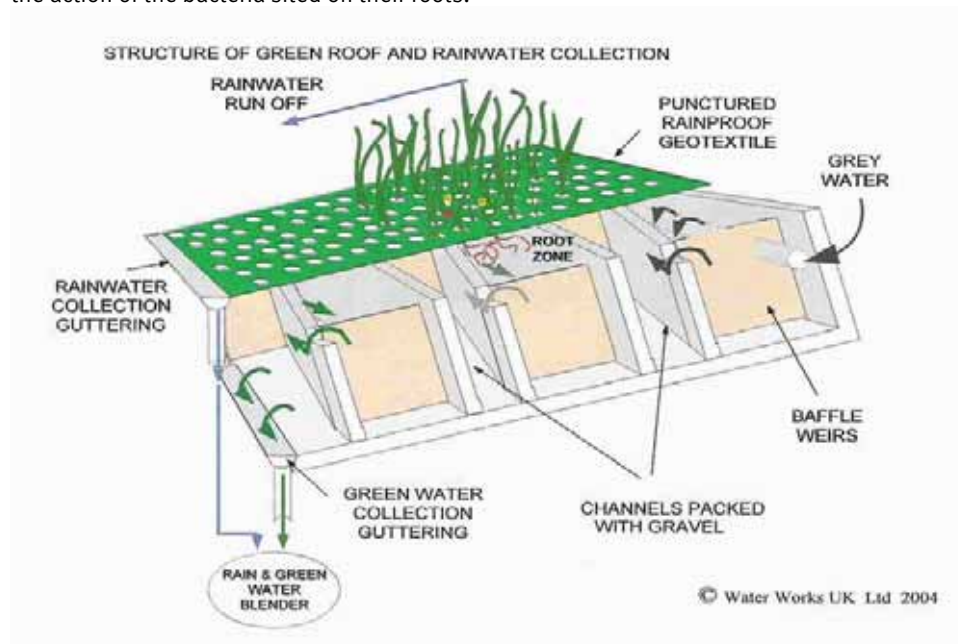
The grey water is introduced from the residence, and the treated effluent 'green' water is then recycled back into the same domestic environment for the purposes of toilet flushing, sub-surface garden irrigation and, under controlled conditions, the cleansing of public open spaces.

The system is designed for the rooftops of blocks of low-rise, urban or suburban flats with flat to gently sloping roofs (up to about 20°). Each GROW unit can serve between 25 and 40 people.

The roof is the most suitable place for the servicing of communal water systems for a number of reasons:

- 1) It does not add to the footprint of the building (no extra land required);
- 2) Being inaccessible to the general public, it will not be tampered with;
- 3) It can be directionally orientated to achieve the best results

GROW consists of a series of parallel, shallow troughs that are each mounted slightly lower than their predecessor, in such a manner that the influent grey water is introduced at the top of the tier, and flows through the system of consecutive troughs by gravity (Figure 1). The flow rate is controlled by the inlet aperture and the pumping rate. The water passes through the troughs which are filled with a natural medium, such as gravel, to act as a filtrate. Indigenous aquatic or marginal plant species are rooted in a graded selection into the gravel, serving for further filtration through the action of the bacteria sited on their roots.



**Figure 1** Section through GROW system

The 'Rig' is covered by a geotextile membrane which serves a number of functions:

- 1) It suppresses unwanted root growth and new shoots
- 2) It keeps out excessive rain and prevents flooding
- 3) It allows rainwater to be collected independently

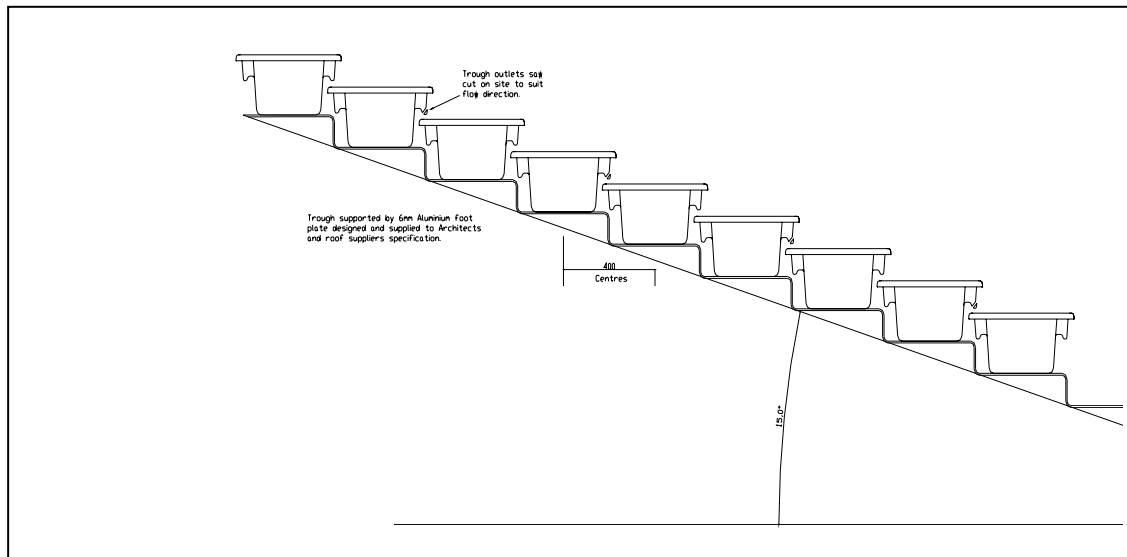
The original system was constructed and tested at Middlesex University in North London. The award of a DTI (Department of Trade and Industry) grant permitted the GROW system to be properly developed as an interlinking MDPE plastic trough ensemble which was then transferred to the School of Water Sciences, Cranfield University.

This transfer enabled the research and development of two important aspects:

- 1) GROW was connected directly to the on-site students' accommodation providing a continuous flow of grey water for treatment
- 2) Cranfield was simultaneously testing two small horizontal and vertical flow reed bed systems fed from the same grey water effluent allowing true comparisons to be made about the efficacy of each system

Cranfield GROW was inaugurated in July 2004 and is being run as part of a PhD programme as well as contributing knowledge and information to the WaND programme (Water Cycle Management for New Developments).

The Cranfield GROW consists of 5 troughs whose layout and planting plan can be seen in Figures 2 and 3 below. The overall dimensions of the current system (known as 1 GROW unit) are 4m x 1.5m. The troughs are mounted on a wooden frame which is protected from the prevailing weather because it is contained beneath the covering membrane. The trough outlets can be cut on site to suit flow direction, and are supported by 6mm aluminium footplate, designed and supplied to architects and roof suppliers' specifications.



**Figure 2** Typical installation showing 'flight' of parallel troughs in 'cascade'

**The planting plan** reflects the requirement for the plants to be:

- Hardy native perennials
- Have dendritic-type roots for the harbouring of the maximum number of bacteria
- Provide some shelter for the lower growing plants
- Provide some colour during at least part of the year for amenity value
- In the case of *Mentha aquatica* provide a disinfectant residual in the water

## West

A

B

1	<b>INFLOW (+ filter)</b>	Gravel/ Medium only	<i>Iris pseudocorus</i> (h = c 1m) [Flag iris - yellow] 6 plants
2	<i>Saururus cernuus</i> (h = 30 – 60cm) [Lizard's Tail] 8 plants		<i>Glyceria variegatus</i> (h = 60 cm) [Striped Water Grass] 6 plants
3	<i>Juncus effusus</i> (h = 45cm) [Common rush] 6 plants		<i>Iris versicolor</i> (h = 60cm) [purple/blue] 6 plants
4	<i>Caltha palustris</i> (h = 20 – 30cm) [Marsh marigold– yellow] 7 plants		<i>Lobelia cardinalis</i> (h = 75cm) [purple] 8 plants
5	<i>Mentha aquatica</i> (h = 40 – 60cm) [Water mint] 7 plants	<i>Mentha aquatica</i> (h = 40 – 60cm) 7 plants	OUTFLOW

## East

**Figure 3** Diagram of Plant Layout for GROW at Cranfield University (Height above Ground = c 1m)

The orientation at Cranfield was constrained by the compound and space availability, but the East/West location is almost ideal. A north facing slope is usually not considered to be suitable.



**Photograph 1** GROW installation at Cranfield University

GROW is designed to be a low maintenance, simple system to operate. The communal nature of the water treatment on blocks of flats/ apartment buildings means that these relatively easy tasks can be built into the work load of the care-taker or servicing agent.

The tasks consist of a weekly check on valves, filters, pump and air blower and some light horticultural attention to ensure that the plant growth is kept in check, that no new shoots appear and that the leaf litter is cleared on a regular basis.

## 3 Results

The results to date, and in comparison with the adjacent vertical and horizontal reed bed systems, have been distinctly encouraging.

The specified standard for GROW effluent quality is the 'Green Water' standard which has been recognised by the regulating authorities in one location but is not yet a nationally accepted standard. 'Green Water' standard for recycled water is:

- <10mg/l BOD
- <10mg/l SS
- < 5mg/l NH<sub>4</sub>
- < 10cfu/100ml (but ideally 0 cfu/100ml)

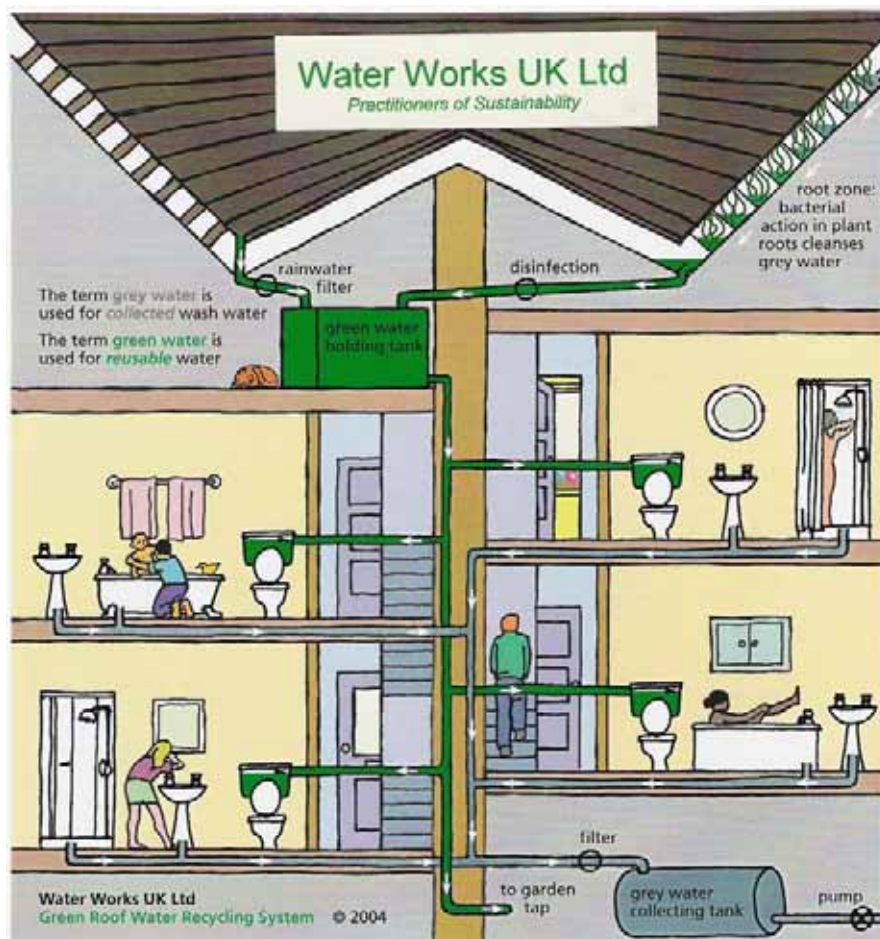
GROW has produced results that meet or are better than these 'Green Water' criteria in over 90% of the samples. Current tests include increasing the flow rate, increasing the strength of the influent, and producing some 'shock' events when strong chemical agent (eg bleach) is introduced. These are designed to replicate 'extreme' events which the system might possibly have to face.

#### 4 Costs

The constituent elements of GROW include:

- A grey water collection system
- Self Cleansing Filter
- Grey water storage tank
- Pump (could be solar powered)
- The trough units, pipework, plants etc
- Collector tank for green water
- UV unit or similar
- Distribution network to toilet cisterns.

It is estimated that for a 40 person single GROW 5 trough unit, the installation costs would be in the region of £80 - £100 per person.



## **5 Conclusion**

The GROW system will enhance the opportunities for Green Roof usage since, as a water management tool, it complements the attenuating properties which the latter offer the builder and designer of modern buildings. GROW also conserves water and, as a result, helps keep the price of affordable water within the grasp of those who might otherwise find themselves deprived.

## **6 Acknowledgements**

WWUK would like to acknowledge the following for their contributions to GROW:

- University of Middlesex, London
- Cranfield University, Bedford
- Imperial College London
- Geberit UK
- Ameco Ltd
- Department of Trade and Industry
- Anne Thorne Architects
- CIWEM (Chartered Institution of Water and Environmental Management)

Chris Shirley-Smith, Researcher  
Imperial College London/  
Water Works UK Ltd  
21 Cornwall Avenue  
London N22 7DA, UK

# Wasserhaushalt und Abflussverhalten von Gründächern

**Stephan Roth-Kleyer , Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule Wiesbaden, FB Gartenbau und Landschaftsarchitektur**

## Abstract

Alle Dachbegrünungen, auch dünnsschichtige Dachbegrünungen haben im Zusammenhang mit Niederschlägen folgende Wirkungen: Verringerung des Wasserabflusses aus Niederschlägen; Verzögerung des Abflusses bzw. des Anteils an Überschusswasser, der das Wasseraufnahmevermögen der Dachbegrünung übersteigt; Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser; Transpiration von Wasser durch die Pflanze und Evaporation von Wasser durch das Substrat (Evapotranspiration). Dachbegrünungen haben damit sowohl ökologische, ökonomische wie auch kleinklimatische vorteilhafte Effekte, die bekannt sind, teilweise auch schon wissenschaftlich quantifiziert werden konnten und im weiteren übersichtlich dargestellt werden. Das Wasserrückhaltevermögen von Dachbegrünungen wird in Deutschland schon seit mehreren Jahren wissenschaftlich untersucht. Seit ca. vier Jahren wurden die Untersuchungen aufgrund neuer ökologischer Zielsetzungen und finanzieller Anreize bzw. Fördermittel für Dachbegrünungen mit entsprechend hoher Wasserrückhaltung am Lehrgebiet Vegetationstechnik der Fachhochschule Wiesbaden deutlich intensiviert. So werden in Nordrhein-Westfalen seit 1999 Dachbegrünungen, wenn der Abflussbeiwert der begrünten Fläche kleiner 0,3 ist, mit 15 Euro je Quadratmeter gefördert. Ende 2001 konnte eine verbindliche Vorschrift für die Messung des Discharge coefficients/ der Abflusskennzahl erarbeitet werden, die in der Anfang 2002 erschienenen überarbeiteten FLL-Richtlinie „Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ [1] wiedergegeben ist. Zwischenzeitlich konnten an verschiedenen Materialien systematisch Abflusskennzahlen mit der Zielsetzung gemessen werden, die Methode weiter zu entwickeln. Aufgrund dieser Untersuchungen ist zusammenfassend festzustellen, dass

- die Methode bei gleicher Fließlänge reproduzierbare Werte liefert;
- die gemessenen Kennwerte jahreszeitlichen Schwankungen (Temperatur / Luftfeuchtigkeit) unterliegen, auch wenn in einer temperaturgeregelten Halle gemessen wird;
- die Abflusskennzahl mit der Neigung korreliert;
- die Korrekturfaktoren zu überarbeiten sind;
- eine einheitliche Fließ- bzw. Messlänge, z. B. 5 m, in der FLL-Richtlinie verbindlich festgelegt werden sollte;
- Dränschichten, auch wenn der Begrünungsaufbau insgesamt um die Dränschicht erhöht wird, erwartungsgemäß keinen reduzierenden Einfluss auf die Abflusskennzahl C / Abflussbeiwert • haben.

## The water balance and runoff retention of green roofs

All green roofs, even thin-layered systems, have the following effects in connection with precipitation: reduction of runoff from precipitation; delay of runoff, or rather of the proportion of excess water which *exceeds* the absorption potential of the green roof; storage of plant-available water; transpiration of water through plants, and evaporation of water by the substrate (evapotranspiration). So, green roofs present ecological, economical, as well as microclimatic benefits that are known and, partially, also scientifically quantified. These will be clearly presented in this paper.

In Germany, the capacity of green roofs to retain water has already been studied for several years. In around the last 4 years, the Department of Horticulture at the Technical College Wiesbaden has intensified these studies because of new ecological objectives and financial incentives in the form of subsidies for green roofs with according water retention. Indeed, since 1999 Nordrhein Westfalia promotes green roofs by providing 15 Euros for each square meter of greened surface, provided its discharge coefficient is less than 0.3. At the close of 2001, a binding regulation for the measurement of a discharge coefficient/ runoff index was developed, which is portrayed in the renewed edition of the FLL-Guidelines “Planning, Installation and Maintenance of Green Roofs” [1] of early 2002. In the meantime, the systematic runoff indices of various materials could be measured under the objective, thereby developing the methods further. On the basis of these studies, we may summarize that:

5. the methods deliver replicable results for equal flow lengths;
6. measured values succumb to seasonal fluctuations, even when taken in a temperature-regulated hall;
7. the runoff index is correlated with slope;
8. the correction factors must be adapted;
9. a consistent flow- or measurement length should be mandatory and specified, e.g. 5m in the FLL-Guidelines
10. as expected, drainage layers do not have an effect on reducing the runoff index C/ discharge coefficient, even when the overall green roof design is raised because of the drainage layer

## 1 Begriffsdefinitionen

Alle Dachbegrünungen, auch dünnsschichtige Dachbegrünungen, haben im Zusammenhang mit Niederschlägen folgende Wirkungen:

- Verringerung des Wasserabflusses aus Niederschlägen;
- Verzögerung des Abflusses bzw. des Anteils an Überschussswasser, der das Wasseraufnahmevermögen der Dachbegrünung übersteigt;
- Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser ; und
- Transpiration von Wasser durch die Pflanze und Evaporation von Wasser durch das Substrat (Evapotranspiration).

Dachbegrünungen haben damit sowohl ökologische, ökonomische wie auch kleinklimatische vorteilhafte Effekte, die bekannt sind und teilweise auch schon wissenschaftlich quantifiziert werden konnten.

Das Wasserrückhaltevermögen von Dachbegrünungen wird in Deutschland schon seit mehreren Jahren wissenschaftlich untersucht. Seit ca. vier Jahren wurden die Untersuchungen aufgrund neuer ökologischer Zielsetzungen und finanzieller Anreize bzw. Fördermittel für Dachbegrünungen mit entsprechend hoher Wasserrückhaltung am Fachgebiet Landschaftsbau der Forschungsanstalt Geisenheim deutlich intensiviert. So werden in Nordrhein-Westfalen seit 1999 Dachbegrünungen, wenn der Abflussbeiwert der begrünten Fläche kleiner 0,3 ist, mit 15 Euro je Quadratmeter gefördert.

Ende 2001 konnte eine verbindliche Vorschrift für die Messung des Abflussbeiwertes/ der Abflusskennzahl erarbeitet werden, die in der Anfang 2002 veröffentlichten und neu überarbeiteten FLL-Richtlinie „Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ [1] wiedergegeben ist. Es sollen hier erste Ergebnisse, die mit dieser Methode gemessen wurden, mit der Zielsetzung wiedergegeben werden, zur Verbesserung der Methode beizutragen.

Im Folgenden werden zunächst zum besseren Verständnis wesentliche Kenngrößen zur Kennzeichnung des Retentionsvermögens von Dachbegrünungen angesprochen und definiert. Die Definitionen sind der FLL-Richtlinie (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau) „Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“, Auflage 2002 [1], entnommen.

Die Wasserspeicherfähigkeit/ Maximale Wasserkapazität dient der Bestimmung der im Schichtaufbau der Dachbegrünung eingesetzten Stoffe. Die Wasserspeicherfähigkeit der im Schichtaufbau eingesetzten Stoffe wird durch die maximale Wasserkapazität wiedergegeben. Die maximale Wasserkapazität bezeichnet den Wassergehalt eines Stoffes oder Substrates in Volumen-% nach vorlaufender Wassersättigung im verdichteten Zustand und anschließendem zweistündigem Abtropfen lassen. Sie wird unter anderem zur Benennung der vegetations-technischen Eigenschaften von Substraten und Dränschichtbaustoffen herangezogen. Durch Umrechnung in Liter/ Quadratmeter gibt die maximale Wasserkapazität die Wasserspeicherung des Baustoffes an.

Die Wasserdurchlässigkeit (mod. K) kennzeichnet den vertikalen Wasserdurchfluss in Millimeter pro Minute nach Wassersättigung im verdichteten Zustand und nach zweistündigem Abtropfen lassen an.

Der Regenwasserabfluss aus dem Begrünungsaufbau wird durch den Abflussbeiwert  $\Psi$ , der der Abflusskennzahl C entspricht, wiedergegeben. Der Abflussbeiwert/die Abflusskennzahl C nach DIN EN 12056-3 und Entwurf DIN 1986-100 (bisher nach DIN 1986-2 als Abflussbeiwert  $\psi$  bezeichnet) fließt als dimensionsloser Kennwert in die Berechnung des Regenwasserabflusses (l/ s) ein. Für die praktische Anwendung bei Flächen unterschiedlicher Neigungen und Oberflächenstrukturen werden in den Normen Abflussbeiwerte  $\psi$  / Abflusskennzahlen C vorgegeben, die das Verhältnis zwischen dem der Kanalisation zufließenden Regenwasser und dem Gesamtregenwasser wiedergeben. Dieser Abflussbeiwert/ Abflusskennzahl gibt damit die Anteils-menge des Wassers wieder, die bei einem Regenereignis von den Entwässerungsanlagen eines Grundstückes aufgenommen werden muss.

Wasserdurchlässige Flächen ohne oder mit unbedeutender Wasserableitung, z. B. Parkanlagen und Vegetationsflächen oder Gartenwege mit wassergebundenen Decken, haben eine Abflusskennzahl/ Abflussbeiwert C ( $\psi$ ) = 0. Wasserdurchlässige Flächen wie z. B. Betonflächen, Pflaster mit Fugenverguss oder Schwarzdecken weisen sich durch eine Abflusskennzahl/ Abflussbeiwert C ( $\psi$ ) = 1 aus.

Der Spitzenabflussbeiwert  $\psi$  gibt als dimensionsloser Parameter das Verhältnis der Regenabflussspende zur Regen-spende eines definierten Regenereignisses in Form eines Blockregens wieder.

Die jährliche Wasserrückhaltung durch begrünte Dächer wird durch die prozentuale jährliche Wasserrückhaltung oder durch den Jahresabflussbeiwert  $\psi$  wiedergegeben. Die prozentuale Wasserrückhaltung wird als Differenz aus der Menge der jährlichen Niederschläge und der vom begrünten Dach abgeflossenen Wassermenge, bezogen auf den Jahresniederschlag, ermittelt. Daraus ergibt sich der dimensionslose Jahresabflussbeiwert  $\psi$  als das Verhältnis der jährlichen Regenabflusssumme zum jährlichen Niederschlagsvolumen.

Die Verzögerung des Wasserabflusses bei einem Niederschlagsereignis wird durch den zeitlichen Verlauf während und nach dem Ende der Niederschläge und durch den Begrünungsaufbau bestimmt. Hier sind insbesondere die Kenngrößen maximale Wasserkapazität und Wasserdurchlässigkeit sowie die Vorsättigung des Begrünungsaufbaus mit Wasser von Bedeutung. Die Verzögerung des Wasserabflusses kann bei kurzen Niederschlagsereignissen dazu führen, dass entweder gar kein Wasserabfluss oder ein erheblich verzögerter Wasserabfluss auftritt. Diese Verzögerung des Wassers wird auch als „Anspringzeit“ bezeichnet.

## 2 Allgemeine sachbezogene messbare Vorteile von Gründächern

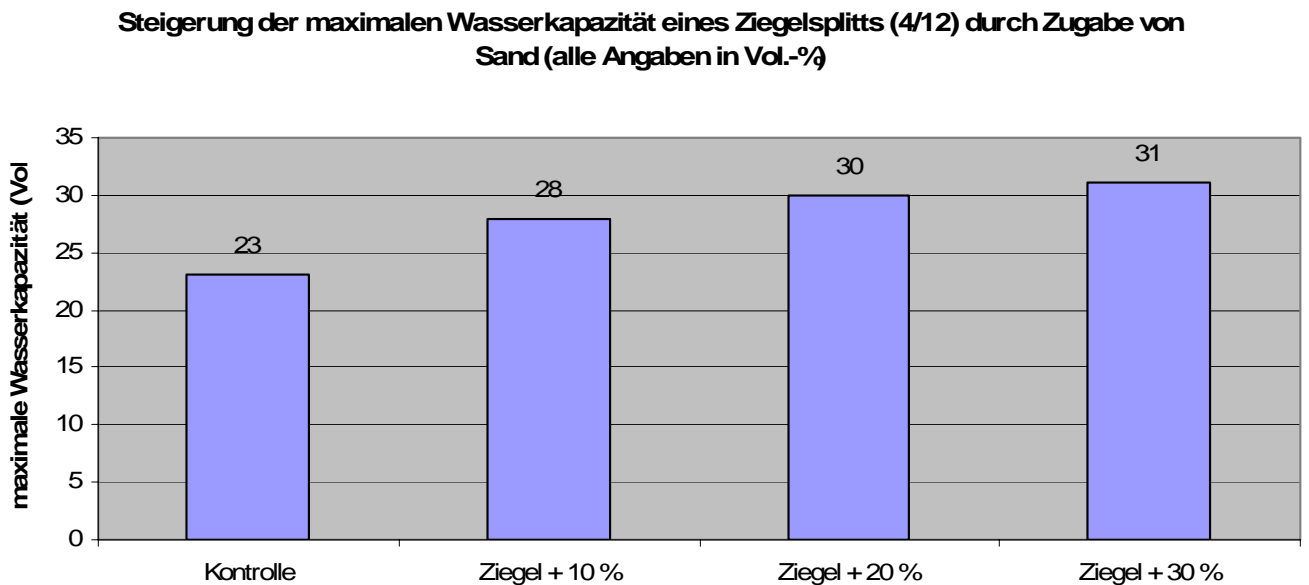
Die Wasserspeicherfähigkeit der für die Dachbegrünung eingesetzten Funktionsschichten ist neben der Aufbaudicke insbesondere von den stofflichen Eigenschaften der Mischungskomponenten abhängig. Tabelle 1 weist die durchschnittliche Wasserspeicherung einiger üblicher mineralischer Mischungskomponenten für Substrate und Dränschichten aus.

**Tabelle 1** Durchschnittliche Wasserspeicherung bei maximaler Wasserkapazität von verschiedenen Stoffen für Substrate und Dränschichten in Abhängigkeit von der Schichtdicke.

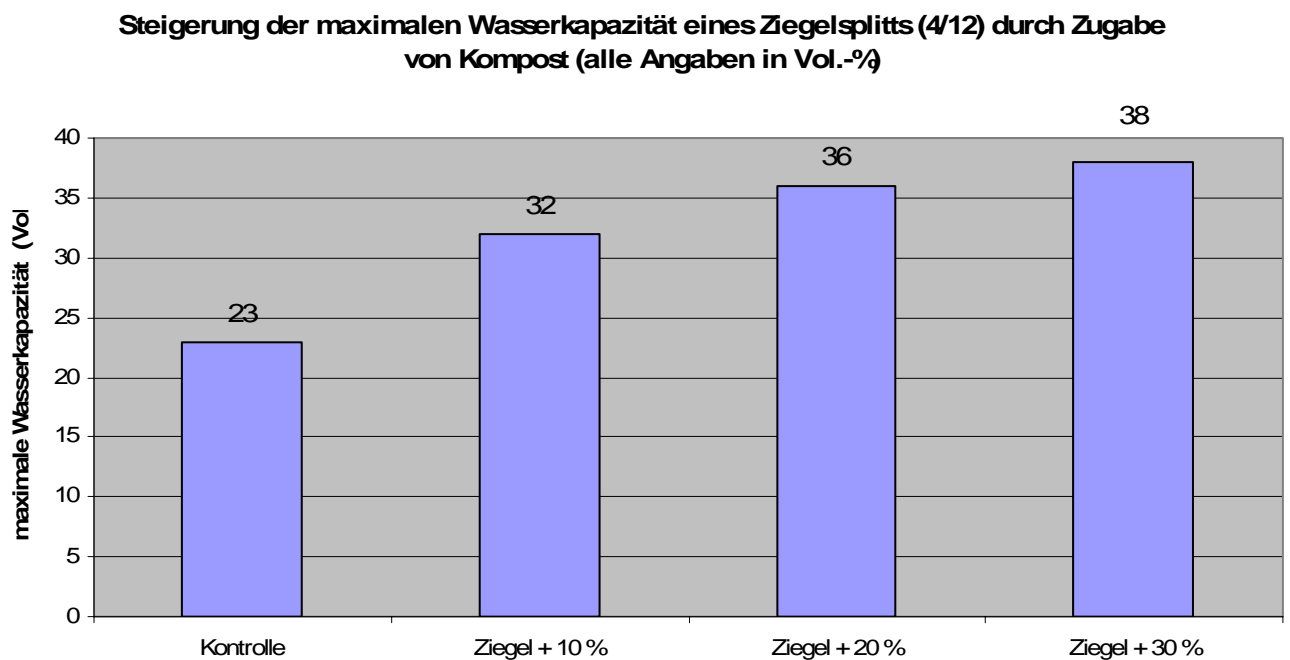
Stoffgruppe, Stoffart	Körnung in mm	Wasserspeicherung in l/m <sup>2</sup> bei einer Schichtdicke			WK max. (Vol.-%)
		40 mm	60 mm	80 mm	
Mineralische Schüttstoffe					
Kies	4/8-8/16	2-4	3-6	4-8	5-10
Lava	1/5-4/12	5-9	8-13	10-18	12-20
Bims, gereinigt	2/4-4/12	12-17	18-25	18-25	30-42
Blähton, unebrochen	4/8-8/16	3-7	5-11	7-14	9-17
Blähton, gebrochen	2/4-4/8	5-9	7-13	10-18	13-22
Blähschiefer, unebrochen	4/8-8/16	3-7	5-11	7-14	9-17
Blähschiefer, gebrochen	2/4-4/11	5-9	7-13	10-18	13-22
Ziegelsand	0/3	20	30	40	50
Ziegelsplitt	5/10	11	16	22	27
Ziegelsplitt	0/12	18	26	35	44
Ziegelsplitt	2/12	11	17	22	28

Quelle: LIESECKE, 1988, ergänzt von ROTH-KLEYER, 1995

Kies hat so eine Wasserspeicherung, wiedergegeben als maximale Wasserkapazität, von 5 – 10 Volumen-%, Bims von 30 – 42 Volumen%. Ziegelsplitt hat in der Körnung 2/12 mm eine maximale Wasserkapazität von 28 Volumen-%, also eine Wasserspeicherfähigkeit von 28 Litern bei 10 cm Schichtdicke oder 11 Litern Wasser bei 4 cm Schichtdicke. Deutlich wird die Abnahme der maximalen Wasserkapazität mit der Korngröße und mit der geringer werdenden Porosität, das heißt der inneren, Wasser aufnehmenden Kornstruktur der Stoffe. Durch Zugabe von Sanden wie auch von organischer Substanz, zum Beispiel Kompost, Rindenhumus oder Torf kann die maximale Wasserkapazität erheblich gesteigert werden. Das zeigen die Abbildungen 1 - 3.

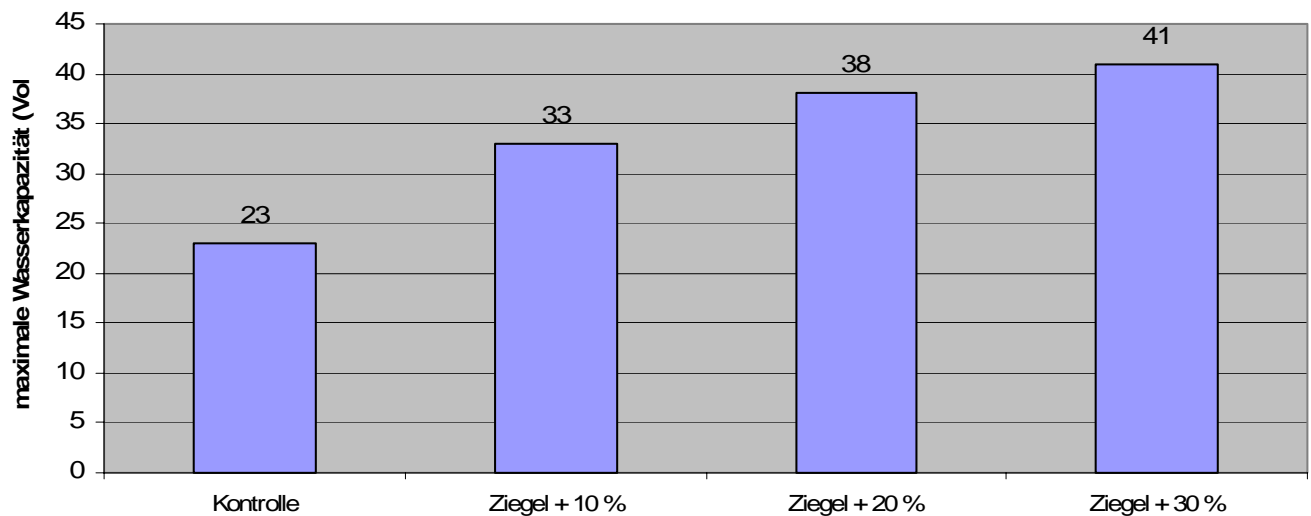


**Abb. 1** Steigerung der maximalen Wasserkapazität eines Ziegelsplitts (4/12) durch Zugabe von Sand (%)



**Abbildung 2:** Steigerung der maximalen Wasserkapazität eines Ziegelsplitts (4/12) durch Zugabe von Kompost (alle Angaben in %)

### Steigerung der maximalen Wasserkapazität eines Ziegelsplitts (4/12) durch Zugabe von Rindenhumus (alle Angaben in Vol.-%)



**Abbildung 3:** Steigerung der maximalen Wasserkapazität eines Ziegelsplitts (4/12) durch Zugabe von Rindenhumus (alle Angaben in %)

Die maximale Wasserkapazität ist maßgeblich für die vegetationstechnische Beurteilung von Substraten für Dachbegrünungen. Die schon vorher benannte FLL-Richtlinie „Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ [1] stellt folgende Anforderungen an die maximale Wasserkapazität von Vegetationssubstraten:

- für Intensivbegrünungen:  $\geq 45$  Vol.-%
- für Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise  $\geq 35$  Vol.-%
- für Extensivbegrünungen in einschichtiger Bauweise  $\geq 20$  Vol.-%
- für Dränschichten: keine Vorgaben

Auch für die Wasserdurchlässigkeit von Vegetationssubstraten gibt die FLL-Richtlinie [1] Vorgaben:

- für Intensivbegrünungen:  $\geq 0,3$  mm/min
- für Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise  $\geq 0,6$  mm/min
- für Extensivbegrünungen in einschichtiger Bauweise  $\geq 60$  mm/min
- für Dränschichten  $\geq 180$  mm/min

Der Regenwasserabfluss wird in Abhängigkeit von der Art der Flächen durch den dimensionslosen Abflussbeiwert angegeben. Der Regenwasserabfluss  $\psi$  bzw. der Abflussbeiwert ist bei Dachbegrünungen in der Hauptsache von der Dicke des Begrünungsaufbaus und den vegetationstechnischen Eigenschaften der eingesetzten Baustoffe, insbesondere von der Wasserspeicherfähigkeit und der Wasserdurchlässigkeit, abhängig.

Der Regenwasserabfluss wird in Abhängigkeit von der Art der Flächen durch den dimensionslosen Abflussbeiwert angegeben. Der Regenwasserabfluss  $\psi$  bzw. der Abflussbeiwert ist bei Dachbegrünungen in der Hauptsache von der Dicke des Begrünungsaufbaus und den vegetationstechnischen Eigenschaften der eingesetzten Baustoffe, insbesondere von der Wasserspeicherfähigkeit und der Wasserdurchlässigkeit abhängig.

Tabelle 2 gibt die nach dem derzeitigen Kenntnisstand in Abhängigkeit von der Aufbaudicke und der Dachneigung anzusetzenden Abflusskennzahlen/ Abflussbeiwerte für begrünte Dächer wieder. Dächer ohne Begrünung mit einer Abdichtung aus Bitumen oder Folie haben den Abflussbeiwert 1. Dächer mit einer Kiesauflage haben den Abflussbeiwert 0,8. Die in Tabelle 2 dargestellten Kennwerte zeigen, dass auch schon mit dünnen Dachbegrünungen im Vergleich zu Kiesdächern relativ hohe Abflussbeiwerte erreicht werden.

Die jährliche prozentuale Wasserrückhaltung bzw. in Umkehrung der Jahresabflussbeiwert ist in Tabelle 3 wiedergegeben. Die Werte beziehen sich auf Standorte mit 650 – 800 mm Jahresniederschlag. In Regionen mit geringeren Jahresniederschlägen ist die Rückhaltung höher, in Regionen mit höheren Jahresniederschlägen geringer. Extensiv be-

grünte Dächer erreichen so eine erstaunlich hohe jährliche prozentuale Wasserrückhaltung von 40 – 60 % der Niederschläge. Bei den Intensiv-begrünungen kann die jährliche Wasserrückhaltung bei Aufbauhöhen größer 50 cm mehr als 90 % betragen. Das sind doch sehr erfreuliche Ergebnisse und Umstände, die den ökologischen und ökonomischen Wert von Dachbegrünungen deutlich werden lassen.

**Tabelle 2** Für Dachbegrünungen sind folgende Abflusskennzahlen / Abflussbeiwerte  $C$  ( $\Psi$ ) je nach Dicke des Schichtaufbaues und abhängig von der Dachneigung einzusetzen (FLL, 2002) [1]

		Dachneigung bis 15°		Dachneigung größer 15°	
bei	> 50 cm	Aufbaudicke	$C = 0,1$		—
bei	> 25 - 50 cm	Aufbaudicke	$C = 0,2$		—
bei	> 15 - 25 cm	Aufbaudicke	$C = 0,3$		—
bei	> 10 - 15 cm	Aufbaudicke	$C = 0,4$		$C = 0,5$
bei	> 6 - 10 cm	Aufbaudicke	$C = 0,5$		$C = 0,6$
bei	> 4 - 6 cm	Aufbaudicke	$C = 0,6$		$C = 0,7$
bei	> 2 - 4 cm	Aufbaudicke	$C = 0,7$		$C = 0,8$

Diese Abflusskennzahlen gelten für den Schichtaufbau bei einem Bemessungsregen von  $r_{(15)} = 300 \text{ l/(s} \times \text{ha)}$  nach vorangehender Wassersättigung und vierundzwanzigstündigem Abtropfen lassen.

**Tabelle 3** Anhaltswerte für die prozentuale jährliche Wasserrückhaltung bei Dachbegrünungen in Abhängigkeit von der Aufbaudicke (Quelle: FLL, 2002) [1]

Begrünungsart	Aufbaudicke in cm	Vegetationsform	Wasserrückhaltung im Jahresmittel in %	Jahresabflussbeiwert $\psi_a$ / Versiegelungsfaktor
Extensivbegrünungen	2 - 4	Moos-Sedum-Begrünung	40	0,60
	> 4 - 6	Sedum-Moos-Begrünung	45	0,55
	> 6 - 10	Sedum-Moos-Kraut-Begrünung	50	0,50
	> 10 - 15	Sedum-Kraut-Gras-Begrünung	55	0,45
	> 15 - 20	Gras-Kraut-Begrünungen	60	0,40
Intensivbegrünungen	15 - 25	Rasen, Stauden, Kleingehölze	60	0,40
	> 25 - 50	Rasen, Stauden, Sträucher	70	0,30
	> 50	Rasen, Stauden, Sträucher, Bäume	>90	0,10

### **3 Messmethode zur Bestimmung der Abflusskennzahl/ des Abflussbeiwertes C ( $\Psi$ ) von Gründächern <sup>1)</sup>**

In der Neufassung der FLL-Richtlinien [1] wird erstmalig ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Abflusskennzahl/ des Abflussbeiwertes C ( $\Psi$ ) von Gründächern vorgegeben. Dabei wird im Hinblick auf eine bundesweite Anwendbarkeit und um Extremsituationen zu berücksichtigen, mit einem Blockregenereignis von  $r_{\text{B}} = 300 \text{ Liter / Sekunde} \times \text{Hektar}$ , das entspricht  $27 \text{ Liter / Quadratmeter in 15 Minuten}$ , gearbeitet. Mit Hilfe dieses nun vereinheitlichten Verfahrens lassen sich reproduzierbare und untereinander vergleichbare Kennwerte für unterschiedliche Dachbegrünungen und Systeme messen.

#### **3.1 Prinzip**

Ermittlung der Abflusskennzahl/ des Abflussbeiwertes durch Bestimmung des Wasserabflusses aus dem Schichtaufbau einer Dachbegrünung mit 2 % Entwässerungsgefälle bei einem 15-minütigen Blockregen von  $R = 300 \text{ l/(s} \times \text{ha)} \cong 27 \text{ l/m}^2$  nach vorlaufender aufbausättigender Beregnung und 24-stündigem Abtropfen lassen.

#### **3.2 Geräte**

- Wind- und regengeschützte Halle zum Aufstellen der Versuchseinrichtung
- Versuchstische von 1 m Breite, mit seitlicher Aufkantung entsprechend der Aufbaudicke des zu untersuchenden Dachbegrünungssystems, Siebgitter von ca. 3 mm Maschenweite am Ablaufende, in Stufen verstellbarem Gefälle, wasserdurchlässige Abdichtung, Auffangrinne oder Ablauftrichter am Gefälle-ende mit Ablaufstutzen

Wahlweise Fließlängen von:

- 10 m mit Korrekturfaktor 1,0
- 5 m mit Korrekturfaktor 0,72
- 2,50 m mit Korrekturfaktor 0,65

- Beregnungseinrichtung bestehend aus einem Düsenrohr mit möglichst gleichmäßiger Verteilung des Blockregens, Anbringung 60 – 80 cm über dem zu untersuchenden Schichtaufbau, allseitiger Folienschutz zum Vermeiden von Tropfenabdrift, Druckminderer in der Zuleitung zur Feinregulierung der Regenmenge, Feinmesswasseruhr zum Erfassen der Regenmenge in Abhängigkeit von der Zeit über Stoppuhr oder elektronisch

- Messeinrichtung zum Erfassen der abfließenden Wassermenge in Abhängigkeit von der Zeit

- visuell

- über Auffangbehälter mit Wassertauchanzeiger oder
- über kalibrierte Auffangbehälter oder
- über Feinmesswasseruhren
- und Erfassen der Zeiten mit Stoppuhr

- elektronisch

- durch Wägung oder
- über Feinmesswasseruhr
- und Erfassen von Menge und Zeit mit Datalogger

#### **3.3 Durchführung**

Einstellung eines Gefälles von 2 % an der Versuchseinrichtung. Einbau des zu untersuchenden Schichtaufbaues der Dachbegrünung im feuchten Zustand. Aufbausättigendes Beregnen bis ein gleichmäßiger Wasserabfluss über 10 Minuten eingehalten wird. Überprüfen, dass keine Abdrift der Beregnung erfolgt. Während eines Zeitraumes von 24 Stunden abtropfen lassen, so dass annähernd der Zustand der maximalen Wasserkapazität eingestellt ist. Aufbringen des Blockregens von  $27 \text{ l/m}^2$  in 15 Minuten in möglichst gleichmäßiger Intensität. Erfassen des Wasserabflusses während des Beregnungszeitraumes in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf.

Die Messung ist im zeitlichen Abstand von 24 Stunden 3mal zu wiederholen.

### 3.4 Berechnung

Die Abflusskennzahl / der Abflussbeiwert ( $\psi$ ) ist wie folgt zu berechnen:

$$C = \frac{\text{Wasserabfluss in Liter in 15 Minuten}}{\text{Regenmenge in Liter in 15 Minuten}} \times \text{Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Fließlänge}$$

Das Ergebnis ist als Mittelwert der drei Wiederholungen anzugeben.

1) Arbeitsgruppe „Abflussbeiwertbestimmung“: Prof. Dr. H.-J. Liesecke, Hannover (Leitung); Dr. W. Kolb, Veitshöchheim; Prof. Dipl.-Ing. G. Lösken, Hannover; Dr. M. Marrett-Foßen, Tornesch; Prof. Dr. St. Roth-Kleyer, Geisenheim; Dipl.-Ing. Chr. Schade, Groß-Ippener. (Quelle: Dachbegrünungsrichtlinie der FLL, 2002)[1].



**Abb 4** Messtisch mit 5 m Länge, bis 17° neigbar.



Abb 5 Messtisch mit 2,5 m Länge, bis 35° neigbar

## 4 Bisherige Ergebnisse und Erfahrungen mit der Messmethode

### 4.1 Wirkung von Dränschichten auf die Abflusskennzahl C

Die nach den einschlägigen Vorgaben der FLL-Richtlinie [1] durchgeführten Messungen der Abflusskennzahl C am Standort Geisenheim lassen erkennen, dass das Vorhandensein einer Dränschicht eine deutliche Wirkung auf die Abflusskennzahl C hat. Bei 2 % Neigung des Messtisches mit 2,5 m Messlänge konnte bei einer einschichtig aufgetragenen Vegetationstragschicht (günstig gestuftes Lava-Bims-Gemisch mit ca. 2 Massen-% Torf) mit 6 cm Stärke eine Abflusskennzahl von 0,28 erreicht werden, wie aus Tabelle 4 hervorgeht.

**Tabelle 4** Wirkung einer Dränschicht aus Lava auf die Abflusskennzahl C

Vegetationstragschicht (VT):	Lava-Bims-Torf-Substrat
Dränschicht (D):	Lava 4/12 mm
Vlies:	300 g/m <sup>2</sup>
Messlänge:	2,5 m
Blockregen:	27 l/m <sup>2</sup> über 15 min
Neigungen:	2 %

Aufbau und Aufbauhöhe	Neigung	Abflusskennzahl
6 cm VT	2 %	0,28
8 cm VT	2 %	0,23
4 cm D + 6 cm VT	2 %	0,30
4 cm D + 8 cm VT	2 %	0,26
4 cm D + 10 cm VT	2 %	0,22
4 cm D + 12 cm VT	2 %	0,22

Bei 8 cm Einbaustärke des Substrates wurde eine Abflusskennzahl C von 0,23 gemessen. Nachdem das gleiche Substrat in zweischichtiger Bauweise mit einem Drän- und Speicherelement mit 6 cm Höhe in nun mehrschichtiger Bau-

weise auf dem Messtisch eingebaut wurde, wurde bei 6 cm Höhe der Vegetationstragschicht nur noch eine Abflusskennzahl von 0,38, bei 10 cm Höhe der Vegetationstragschicht eine Ablaufkennzahl von 0,36 erreicht. Der Einbau der Dränschicht führte hier zur deutlichen Reduktion der Abflusskennzahl C, obwohl die Höhe des Gesamtaufbaus mit Einbau der Drän- und Speicherplatte jeweils um 6 cm gesteigert wurde.

Auch der Einbau einer Dränschicht aus Lava (4/12) wirkte sich auf eine wünschenswert niedrige Abflusskennzahl bei konstanter Höhe der Vegetationstragschicht negativ, wie Tabelle 5 aufzeigt, aus. Der Einbau einer 4 cm dicken Lavadränschicht erhöhte die Abflusskennzahl des Lava-Bims-Gemisches mit 2 Massen-% Torfzusatz von 0,28 auf 0,30 bei 6 cm Vegetationstragschicht und von 0,23 auf 0,26 bei 8 cm Vegetationstragschicht. Hier fiel die Wirkung des Schüttbaustoffs nicht so deutlich aus wie bei den oben benannten Ergebnissen mit dem Drän- und Speicherelement aus Kunststoff.

Insgesamt ist allerdings festzustellen, dass der Einbau von Dränschichten erwartungsgemäß eine Erhöhung der Abflusskennzahl bewirkt. Das kann im Hinblick auf das Erreichen einer finanziellen Förderung der Dachbegrünung, die z. B. in NRW an eine Abflusskennzahl  $< 0,3$  gekoppelt ist, dazu führen, dass einschichtige Dachbegrünungen von den Bauherren wie auch von den Planern und Ausführenden zu ungunsten möglicherweise uneingeschränkter begrünbaren, mehrschichtigen Bauweisen favorisiert werden.

#### **4.2 Wirkung der Neigung auf die Abflusskennzahl C**

Weiterhin lassen die nach den einschlägigen Vorgaben der FLL-Richtlinie (2002) [1] am Standort Geisenheim durchgeführten Messungen der Abflusskennzahl C bzw. des Abflussbeiwertes  $\psi$  erkennen, dass es eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Dachneigung und dem Abflussereignis gibt (vgl. Abb. 4). Schon geringfügige Änderungen in der Dachneigung bewirken eine Zu- oder Abnahme der Abflusskennzahl. Den gleichen Zusammenhang lässt Tabelle 5 erkennen.

Hier wurde der Begrünungsaufbau mehrschichtig auf dem Messtisch mit einer Messlänge von 2,5 m aufgebaut. Die Dränschicht, hergestellt aus einer Lava (4/12), wies bei allen Messungen eine Mächtigkeit von 4 cm auf. Die Vegetationstragschicht, bestehend aus einem handelsüblichen Lava-Bims-Gemisch mit einem Zusatz von ca. 2 Massen-% Torf wurde in den Einbaustärken 6, 8, 10 und 12 cm in ihrer Wirkung auf die Abflusskennzahl untersucht. Weiterhin wurden die Neigungsstufen  $1,1^\circ$  (2 %),  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$  und  $30^\circ$  in die Messungen einbezogen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass erwartungsgemäß mit der Aufbaustärke der Vegetationstragschicht die Abflusskennzahl von 0,30 (6 cm VT) auf 0,22 (12 cm VT) bei  $1,1^\circ$  (2 %) Gefälle abnahm. Ebenso zeigte sich, dass die Abflusskennzahl deutlich mit dem Gefälle korrespondiert. So nahm die Abflusskennzahl C bei  $1,1^\circ$  Gefälle bei 6 cm Vegetationstragschicht von 0,30 auf 0,44 bei  $30^\circ$  Gefälle zu. Eine Veränderung des Gefälles von  $1,1^\circ$  auf  $5^\circ$  bewirkte eine Zunahme des Abflussbeiwertes C von 0,3 auf 0,34.

**Tabelle 5** Einfluss der Dachneigung auf die Abflusskennzahl C

Vegetationstragschicht (VT):	Lava-Bims-Torf-Substrat
Dränschicht (D):	Lava 4/12 mm
Vlies:	300 g/m <sup>2</sup>
Messlänge:	2,5 m
Blockregen:	27 l/m <sup>2</sup> über 15 min
Neigungen:	1,1° - 30° (2 % - 58 %)

Aufbau und Aufbauhöhe	Neigung	Abflusskennzahl
4 cm D + 6 cm VT	1,1°	0,30
4 cm D + 6 cm VT	5°	0,34
4 cm D + 6 cm VT	10°	0,36
4 cm D + 6 cm VT	15°	0,38
4 cm D + 6 cm VT	20°	0,40
4 cm D + 6 cm VT	25°	0,42
4 cm D + 6 cm VT	30°	0,44
4 cm D + 8 cm VT	1,1°	0,26
4 cm D + 8 cm VT	5°	0,31
4 cm D + 8 cm VT	10°	0,33
4 cm D + 8 cm VT	15°	0,35
4 cm D + 8 cm VT	20°	0,36
4 cm D + 8 cm VT	25°	0,38
4 cm D + 8 cm VT	30°	0,39
4 cm D + 10 cm VT	1,1°	0,22
4 cm D + 10 cm VT	5°	0,28
4 cm D + 10 cm VT	10°	0,32
4 cm D + 10 cm VT	15°	0,34
4 cm D + 10 cm VT	20°	0,35
4 cm D + 10 cm VT	25°	0,36
4 cm D + 10 cm VT	30°	0,37
4 cm D + 12 cm VT	1,1°	0,22
4 cm D + 12 cm VT	5°	0,26
4 cm D + 12 cm VT	10°	0,27
4 cm D + 12 cm VT	15°	0,29
4 cm D + 12 cm VT	20°	0,31
4 cm D + 12 cm VT	25°	0,32
4 cm D + 12 cm VT	30°	0,34

#### 4.3 Wirkung der Messtischlänge auf die Abflusskennzahl C

Die oben benannte Messvorschrift benennt Korrekturfaktoren für die Fließ- bzw. Messlängen 2,5 und 5 m, bezogen auf die Messlänge 10 m. Wahlweise werden folgende Messlängen zur Messung der Abflusskennzahl mit den entsprechenden Korrekturfaktoren benannt:

- 10 m mit Korrekturfaktor 1,0
- 5 m mit Korrekturfaktor 0,72
- 2,50 m mit Korrekturfaktor 0,65

Gleichzeitig wurden bei der Untersuchung zum Einfluss der Messlänge unter Berücksichtigung der oben benannten Korrekturfaktoren bei einer Messserie die Neigungen von 1,1°, 5°, 10° und 15° mit in die Untersuchungen einbezogen. Tabelle 6 gibt die Ergebnisse der Messungen des Lava-Bims-Gemisches mit ca. 2 Massen-% Torfzusatz wieder, hier wurde mit 1,1° (2 %) Gefälle gemessen. Es zeigte sich, dass bei Anwendung der vorgegebenen Korrekturfaktoren für die untersuchten Aufbauhöhen 6, 8 und 10 cm Vegetationstragschicht deutliche Abweichungen der Abflusskennzahl C in Abhängigkeit von der Messtischlänge resultierten, die eindeutig in den vorgegebenen Korrekturfaktoren begründet sind. So wurde bei 2,5 m Fließlänge und 10 cm Vegetationstragschicht eine Abflusskennzahl von 0,30 gemessen, bei 5 m Fließlänge eine Abflusskennzahl von 0,16.

**Tabelle 6** Einfluss der Messtischlänge auf die Abflusskennzahl C

Vegetationstragschicht:	Lava-Bims-Torf-Substrat
Vlies:	300 g/m <sup>2</sup>
Messlänge:	2,5 m und 5,0 m
Blockregen:	27 l/m <sup>2</sup> über 15 min
Neigungen:	1,1° (2 %)

Aufbau und Aufbauhöhe	Neigung	Abflusskennzahl	
		2,5 m	5,0 m
6 cm VT	1,1°	0,34	0,21
8 cm VT	1,1°	0,32	0,19
10 cm VT	1,1°	0,30	0,16

Tabelle 7 zeigt den Einfluss der Fließlänge und der Neigung auf die Abflusskennzahl. Hier wurde mit einem Substrat, bestehend aus Lava und so genannter Vulkan-schlacke gearbeitet. Auch bei dieser Messserie ergab sich mit der Neigung eine Zunahme der Abflusskennzahl und mit der Fließlänge eine Reduktion der Abflusskennzahl C, wobei hier die Unterschiede im Vergleich mit dem Lava-Bims-Gemisch nicht so groß waren. Das lässt vermuten, um dies zu verifizieren sind Untersuchungen an weiteren Materialien erforderlich, dass unter Umständen materialspezifische Korrekturfaktoren hinsichtlich der Fließlänge bei der Messung der Abflusskennzahl zu berücksichtigen sind.

Die praktikablere Lösung wäre hier sicherlich das Festschreiben einer einheitlichen Fließ- bzw. Messtischlänge von 5 m. Diese Messtischlänge ist in Hallen noch handhabbar, gleichzeitig kommt diese Fließlänge den Bedingungen auf dem Dach sicherlich näher als ein 2,5 m langer Messtisch.

**Tabelle 7** Einfluss der Messtischlänge und der Neigung auf die Abflusskennzahl C

Vegetationstragschicht:	Lava, Lava-Boden, Vulkanschlacke
Vlies:	300 g/m <sup>2</sup>
Messlänge:	2,5 m und 5,0 m
Blockregen:	27 l/m <sup>2</sup> über 15 min
Neigungen:	1,1° - 15° (2 % - 27 %)

Aufbau und Aufbauhöhe	Neigung	Abflusskennzahl	
		2,5 m	5,0 m
6 cm VT	1,1°	0,39	0,34
6 cm VT	5°	0,40	0,36
6 cm VT	10°	0,39	0,37
6 cm VT	15°	0,42	0,39
8 cm VT	1,1°	0,34	0,28
8 cm VT	5°	0,36	0,30
8 cm VT	10°	0,36	0,32
8 cm VT	15°	0,38	0,34
10 cm VT	1,1°	0,33	0,24
10 cm VT	5°	0,35	0,26
10 cm VT	10°	0,36	0,29
10 cm VT	15°	0,38	0,32
12 cm VT	1,1°	0,30	0,20
12 cm VT	5°	0,32	0,22
12 cm VT	10°	0,33	0,30
12 cm VT	15°	0,34	0,32

## **5 Zusammenfassung**

Zusammenfassend ist festzustellen, dass

- die Methode bei gleicher Fließlänge reproduzierbare Werte liefert;
- die gemessenen Kennwerte jahreszeitlichen Schwankungen (Temperatur / Luftfeuchtigkeit) unterliegen, auch wenn in einer temperaturgeregelten Halle gemessen wird;
- die Abflusskennzahl mit der Neigung korreliert;
- die Korrekturfaktoren zu überarbeiten sind;
- eine einheitliche Fließ- bzw. Messlänge z. B. 5 m in der FLL-Richtlinie verbindlich festgelegt werden sollte;
- Dränschichten, auch wenn der Begrünungsaufbau insgesamt um die Dränschicht erhöht wird, erwartungsgemäß keinen reduzierenden Einfluss auf die Abflusskennzahl C / Abflussbeiwert  $\psi$  haben.

## **6 Literatur**

[1] FLL (2002) Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Bonn.

Prof. Dr.-Ing. Stephan Roth-Kleyer  
Fachhochschule Wiesbaden, Lehrgebiet Vegetationstechnik  
Von-Lade-Str. 1,  
D- 65366 Geisenheim, Deutschland  
roth-kleyer@fbl.fh-wiesbaden.de

# The interaction between water and energy of greened roofs

**Marco Schmidt, Dipl. Ing TU-Berlin, Institut für Landschaftsbau, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik, Deutschland**

## Abstract

Worldwide, energy consumption for cooling and ventilation installations is becoming increasingly important. With the new directive of the European parliament on the energy performance of buildings (2002/91/EC), passive cooling techniques should be implemented that improve indoor climatic conditions and the microclimate around buildings. The rise of air conditioning systems, in particular, forces energy conservation strategies on the building sector. Impermeable surfaces like roofs and streets influence the microclimate by creating a different energy balance from that which is found in green spaces. Natural landscapes, like meadows, evaporate most of the precipitation that they receive. This physical process generates "evaporative cooling," worth 2450 Joule/g H<sub>2</sub>O. This consumes 86% of all radiation balance as a yearly average. This energy is used to transpire water and create biomass. The evapotranspiration of greened roofs and greened facades has a high potential to reduce the urban heat island effect. According to measurements taken at the UFA Fabrik in Berlin, during the summer months extensive green roofs transfer 58% of the radiation balance into transpiration. As an annual mean, 81% may be consumed. The resultant cooling-rates are on average 300 kWh/ (m<sup>2</sup>\*a) in Germany. In tropical countries, much higher cooling values may be expected, due to higher precipitation and evapotranspiration rates. The annual retention rates, due to the evapotranspiration of precipitation, are independent of a second important value: the temporary retention of stormwater. This successfully reduces the peak load into combined sewer systems and prevents combined sewage release into surface waters.

## Die Wechselwirkung zwischen Wasser und Energie von begrünten Dächern

Der Energieverbrauch für die Gebäudekühlung ist weltweit von wachsender Bedeutung. Die neue Richtlinie des europäischen Parlaments über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2002/91/EC), die bis zum Januar 2006 von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden muss, sieht die Berücksichtigung von Maßnahmen zur passiven Gebäudekühlung vor. Insbesondere die rasant steigende Verwendung von Klimaanlage zwingt zu neuen Strategien bei den Energiesparmassnahmen im Gebäudebereich. Versiegelte Flächen wie Dächer und Strassen haben ein unterschiedliches Mikroklima durch die Veränderung der Energiebilanz, verglichen mit begrünten Flächen. Der größte Teil der Niederschläge in der „natürlichen“ Landschaft wie beispielsweise Wiesenflächen verdunstet. Dieser physikalische Prozess erzeugt eine Verdunstungskälte von 2450 Joule pro Gramm Wasser. Hierbei wird mehr als 85% der jährlichen Strahlungsbilanz „verbraucht“. Diese Energie wird bei der Evapotranspiration und den Aufbau von Biomasse umgesetzt. Die Verdunstung von begrünten Dächern und begrünten Fassaden zeigt ein hohes Potenzial, den Effekt der Wärmeinsel urbaner Gebiete zu verringern. Messungen, die wir auf den Dächern der UFA-Fabrik in Berlin-Tempelhof durchgeführt haben, zeigen, dass extensiv begrünte Dächer 58% der Strahlungsbilanz in Verdunstungskälte während der Sommermonate verwandeln. Als Jahresmittel können 81% der Strahlungsbilanz „verbraucht“ werden, dies entspricht einer Kühlung von 300 kWh pro Quadratmeter und Jahr in Deutschland. In tropischen Ländern sind höhere Werte zu erwarten durch hohe Niederschlags- und Verdunstungsraten. Der jährliche Rückhalt der Niederschläge durch Verdunstung ist unabhängig zu einem zweiten wichtigen Faktor: dem Abflussbeiwert bei Starkregen. Dieser teilweise temporäre Rückhalt reduziert den Spitzenabfluss in Mischkanalisationsgebieten und trägt so zur Verringerung von Mischüberläufen in die Oberflächengewässer bei.

## **1 Methodology of Research**

The first measurements detailing the climatological effect of greened roofs and facades were established in Berlin Kreuzberg by Friedrich Bartfelder and Manfred Köhler in 1984. These first measures of sustainable city renewal were developed by the group "Ökotop". In 1986, Köhler started measuring ecological conditions on about 100 greened roof plots of 2 m<sup>2</sup>. The change in climatological conditions were hardly understood by measurements of temperatures in and on top of the soil. Main difficulties have been the high exchange rates of the air, the heat capacity of the materials and the influence of the surface color, the albedo (Schmidt 1992).

To understand the ecological functions of greened areas compared to sealed urban areas our focus moved towards radiation and the evapotranspiration rates. Environmental changes in urban areas include reduced evapotranspiration of the precipitation, the transformation of the radiation to latent heat and the increase of thermal radiation caused by higher surface temperatures and increased heat capacity.

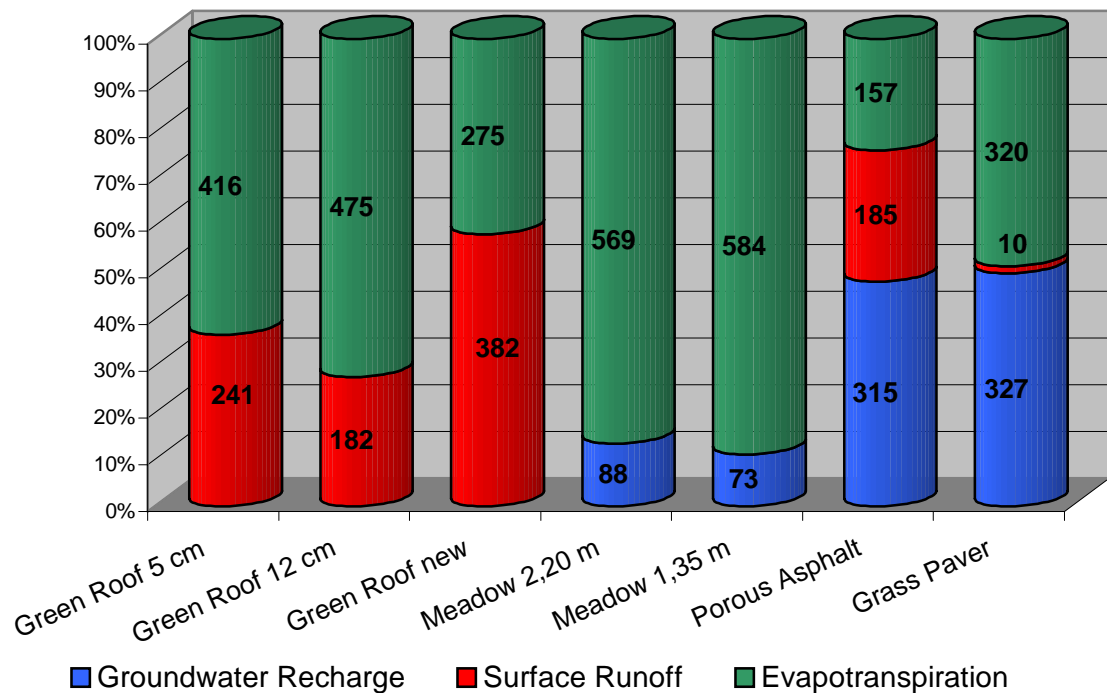
## **2 Annual retention by evapotranspiration and the change in microclimate**

The energy consumption for cooling and ventilation units in buildings is a factor of growing importance. The rising costs for air conditioning has been a factor to promote energy saving efforts in the building sector. The new directive of the European parliament on the energy performance of buildings (2002/91/EC) requires the implementation of passive cooling techniques that improve indoor climatic conditions and the microclimate around buildings. The new legislation has to be set into national law until January 2006.

Passive cooling techniques can reduce or save operating costs for climate management through the greening of roofs and facades. The main factor differentiating greened areas in the natural landscape from the impermeable surfaces of urban areas is the change of microclimate, which creates a different energy balance. Compared to urban areas where rainwater disappears into sewer systems, most of the precipitation in the natural landscapes is evaporated. For example, in natural landscapes in the Spree and Havel watershed of Germany, approximately 80% of the precipitation is evaporated or transpired by plants (see Fig. 1 "meadow"). Energy is required for the evapotranspiration of water. This physical process generates the so-called "evaporative-cooling" of 2450 joules/g H<sub>2</sub>O evaporated. A cubic meter of water has the capacity to consume 680 kWh of heat.

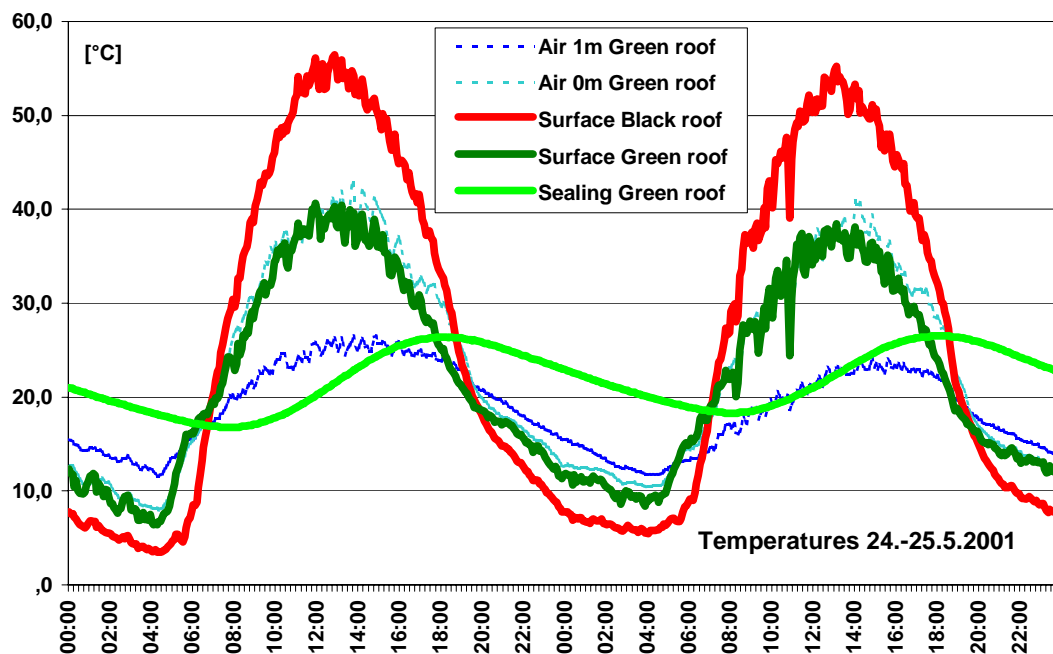
According to research from Hamburg, Germany in 1957, greened areas like meadows consume a yearly average of 86% of all radiation balance (Collmann, 1958). This energy is used to transpire water and create biomass. The consumed energy will be transformed again as water condenses in the atmosphere.

Annual evapotranspiration rates of greened roofs means the evapotranspiration of precipitation. This precipitation/runoff-ratio depends on the local climate, the vegetation and the green roof type, mainly the field capacity of the soil (storage capacity for rainwater). Fig. 1 shows the mean annual evapotranspiration rates of different surfaces, three of which are different green roof types. These values have been measured at research installations of our institute in Berlin-Wilmersdorf. A meadow on a loamy soil shows evapotranspiration rates of 87 and 89%, depending on the groundwater level. In addition, Fig. 1 shows the surface runoff, evapotranspiration and groundwater recharge of semi-permeable surfaces. Generally, semi-permeable surfaces permit more groundwater recharge compared to the natural landscape.



**Fig. 1** Hydrology of different surfaces (in mm), 1.1.2001-31.12.2004 TU Berlin

Environmental changes in urban areas include reduced evapotranspiration of the precipitation and the transformation of up to 95% of the radiation balance to latent heat (Fig. 3). Additionally, there is an increase in thermal radiation caused by higher surface temperatures of hard materials like concrete and the ability of such surfaces to store heat (Fig. 2) (Köhler, Schmidt, 2002).



**Fig. 2** Reduced surface temperatures of a greened roof compared to a conventional flat roof (non-contact infrared measurements)

As a result, air temperatures inside buildings also rise and lead to discomfort or increased energy consumption for climate management. A logical solution to create more comfortable air temperatures inside and outside of buildings is to green their facades and roofs, thereby „consuming“ this energy by evapotranspiration.

According to measurements taken at the UFA Fabrik in Berlin, extensive green roofs transfer 58% of radiation balance into evapotranspiration during the summer months (Fig. 4). The annual average consumption of energy is 81%, the resultant cooling-rates are 302 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) by a radiation balance of 372 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) (average of 1987-89, see Tab. 1). In tropical countries, much higher cooling values are expected due to higher precipitation and evapotranspiration rates. In these countries energy saving strategies should focus on passive cooling techniques.



**Photo 1** Extensive greened roof in combination with photovoltaic panels, UFA-Fabrik in Berlin-Tempelhof

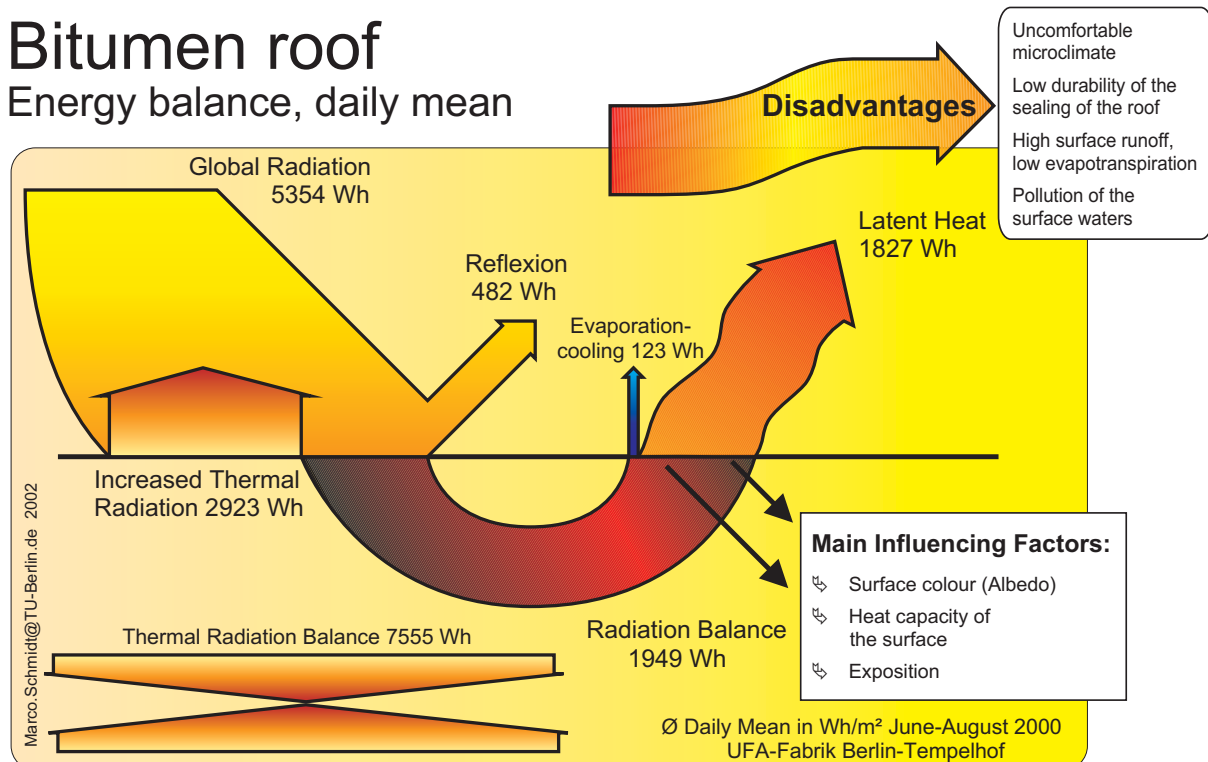
**Tab. 1** Precipitation, runoff, potential and measured evapotranspiration, and the evaporation cooling rate of green roof plots, measured in Berlin (Schmidt, 1992)

Year	Precipitation	Runoff	Runoff	potential ETP	measured ETP	Cooling rate
	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]	[kWh/(m <sup>2</sup> *a)]
1987	702	179	25.5	641	523	356
1988	595	157	26.4	696	437	298
1989	468	98	20.9	750	370	252
mean	588	145	24.6	696	443	302

## Energy balance of a greened roof compared with a black bitumen roof

### Bitumen roof

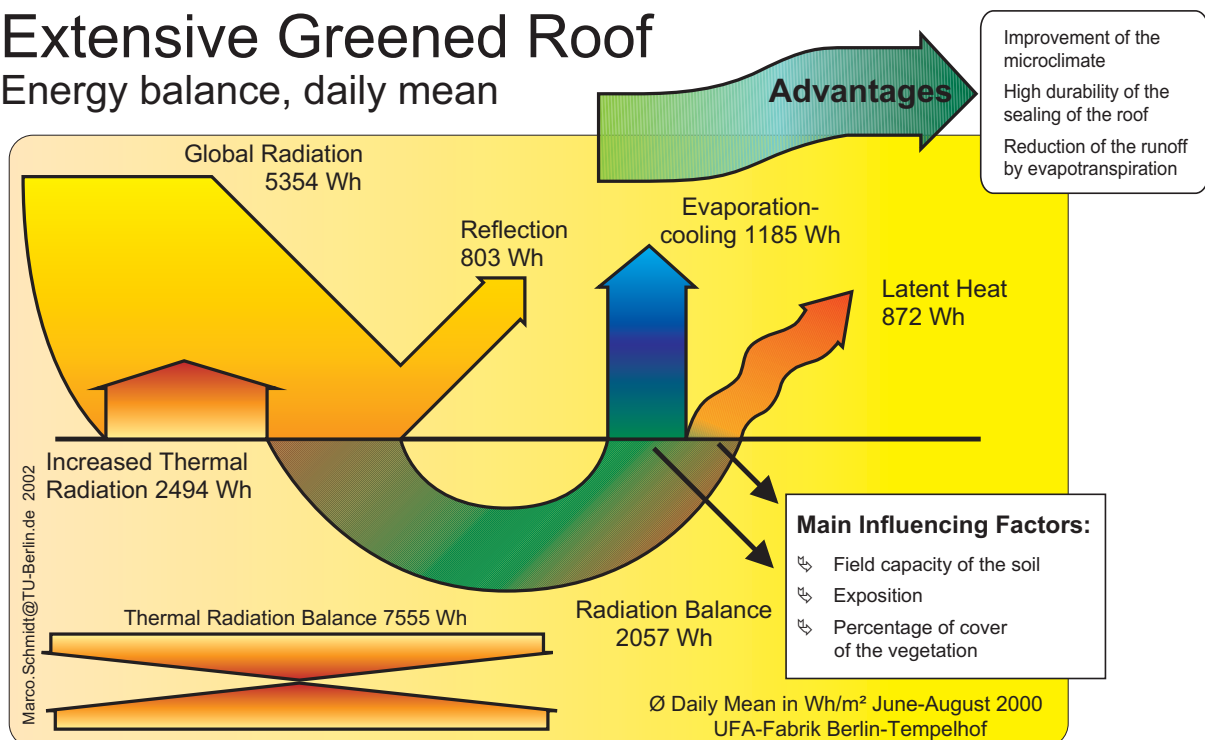
Energy balance, daily mean



**Fig. 3** Reduced evapotranspiration in urban areas converts up to 95% of radiation balance to latent heat and increases the thermal radiation (Schmidt, 2003).

### Extensive Greened Roof

Energy balance, daily mean



**Fig. 4** Extensive greened roofs transfer 58% of radiation balance into transpiration during the summer months, UFA Fabrik in Berlin, Germany (Schmidt, 2003).

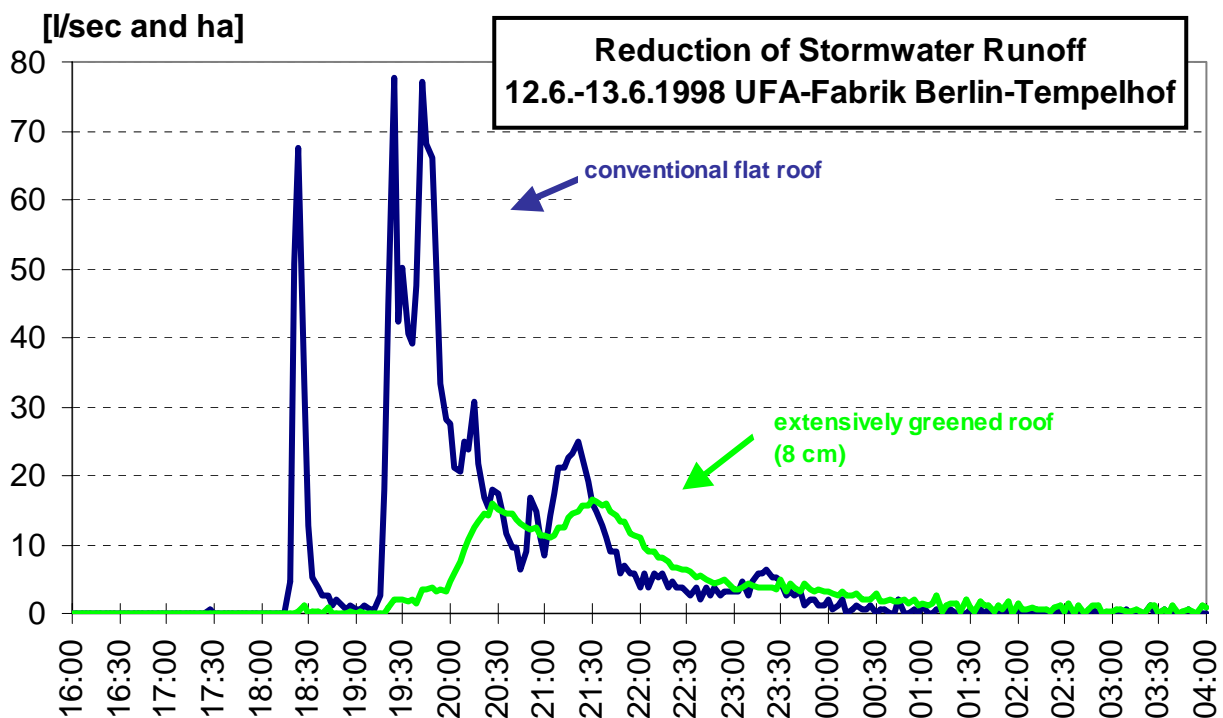
### 3 Stormwater retention

Another important aspect of greened roofs is their capacity for stormwater retention. This capacity successfully reduces combined sewerage overloads (Knoll, 2000) (see Fig. 5). The temporary retention rate of stormwater runoff is an independent value and should not be confused with the annual retention rates for evapotranspiration.

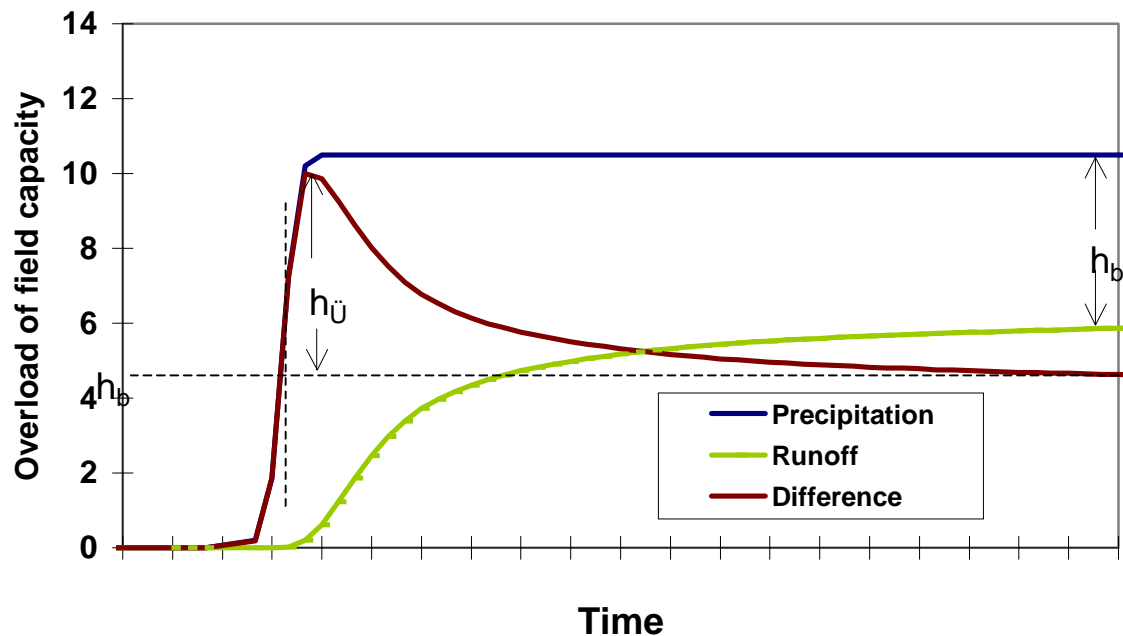
Combined sewage overflows are a serious health problem. The eutrophication of surface waters will occur, combined with reduction of oxygen. In July 2005 in Berlin, reduced oxygen in the Spree river caused tons of dead fish after a heavy stormwater event (see Photo 2).



**Photo 2** Tons of dead fish after a heavy stormwater event ([www.planungsfehler.com](http://www.planungsfehler.com))



**Fig. 5** Reduction of stormwater runoff, an extensively greened roof compared to a conventional flat roof.



**Fig. 6** Reduction of stormwater runoff, an extensively greened roof compared to a conventional flat roof (Bustorf, 1999).

Compared to annual retention rates by evapotranspiration, stormwater retention shows results of up to 90 and 100%. Stormwater retention means an additional temporary storage capacity over the field capacity of the soil. Figure 6 shows the overload of a greened roof during a stormwater in May 1997, expressed in millimeter of rainfall as a difference between precipitation and runoff (Bustorf, 1999). The overload showed a capacity of more than 10 mm of precipitation. A second important aspect is the time delay of the runoff. Figure 5 shows that runoff starts when the peak of the stormwater has already ended. This is a high benefit for sewer systems.

#### 4 Institute of Physics in Berlin- Adlershof

The Institute of Physics in Berlin- Adlershof, a project of the Architects Augustin and Frank (Berlin), is a research and office building that will feature a combination of sustainable water management techniques, including the use of rainwater to cool the building. There are three main goals of rainwater harvesting in this project. The first goal is to save drinking water. The second is the retention of rainwater to reduce stormwater flows into combined sewer systems during rain events. This reduces the peak load and avoids an overload of the system, which could cause flooding and serious health problems. The third goal is to reduce energy consumption during the summer months through evapotranspiration and shade (Schmidt, 2003).



**Photo 3** Climbing plants at the institute of Physics in Berlin provide shade and cooling by evapotranspiration

Rainwater will be stored in 5 cisterns in two courtyards of the building and will be used for irrigating a facade greening system and a diabatic cooling system. The green facade with its different types of climbing plants has been designed to demonstrate the four seasons. The plants will provide shade during the summer, while in the winter, when the plants loose their foliage, the sun's radiation will pass through the glass front of the building. This project will include ongoing monitoring of water consumption by different plant species comprising the green facade and the adiabatic cooling system. Both the shade created by the plants and the cooling process of evapotranspiration will influence the energy balance of the building.

**Tab. 2** Project data of the new building of the Humboldt-University in Berlin (HUB)

Connected Area	Institute of Physics Berlin HUB - Adlershof	
	Air conditioning systems with adiabatic cooling:	7 units
	Irrigated Greened Containers:	152 plots
	Connected roofs:	4700 m <sup>2</sup>
	Pond in the courtyard:	225 m <sup>2</sup>

Stormwater events with heavy rainfall will be managed by the overflow to a small constructed lake in one of the courtyards. The institute is located in a groundwater protection area close to groundwater uptake wells of the city's drinking water supply station. To protect the ground water quality, only natural surface infiltration is allowed.



**Photo 4** A constructed lake with natural surface infiltration.

**Tab. 3** Estimated results of a simulation for the planning process, Adlershof project

<i>Estimated project data</i>	<i>Institute of Physics, HUB, Berlin- Adlershof</i>	
	Storage capacity:	64 m <sup>3</sup> (15 mm)
	<b>Drinking water supply</b>	> 30 % (Simulation)
	Rainwater for adiabatic cooling:	12 % (Simulation)
	Rainwater for green facades:	26 % (Simulation)
	Rainwater for irrigated courtyards	6 % (Simulation)
	Infiltration into the underground	> 35 % (Simulation)

All data represented are results of a simulation and were generated during the planning process (Tab. 3). Scientific monitoring to determine the overall benefits of the project are beginning immediately.

The retention pond in Adlershof has a size of 1,5% of the annual precipitation. This is quite a low percentage, especially considering its role in water storage for both irrigation and cooling purposes. Many unknown factors – including the amount of water which will be used by the green facade and the adiabatic cooling systems – meant that assumptions had to be made in the planning process. Monitoring of this project will provide information on these subjects that can be used for the planning of future projects.

## 5 Acknowledgements

The author would like to take the chance to express sincere thanks to Brigitte Reichmann from the Department of Ecological City Construction of the Berlin Senate for organizing and financing the innovative project in Berlin-Adlershof.

## 6 References

- Bustorf, J. 1999. Simulation of the precipitation/ runoff- ratio of greened roofs. (Ansätze zur Simulierung der Abflußbildung von extensiv begrünten Dächern und deren Bewertung als dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme) Master, TU Berlin, 108 p.
- Collmann, W., 1958. Figures “radiation in Europe”. Report DWD 6, No 42 (Diagramme zum Strahlungsklima Europas. Berichte DWD 6, Nr. 42)
- Diestel, H., Schmidt, M. 2004: Integrated runoff management in urban areas with and without sewer systems. Proc. IWA 2004 Marrakesh.
- Knoll, S. 2000: The runoff of extensively greened roofs (Das Abflußverhalten von extensiven Dachbegrünungen). Master Thesis, IWAWI- Mitteilung Nr. 136, Technical University of Berlin.
- Köhler, M., Schmidt, M., 2002. Roof-greening, annual report (Jahrbuch Dachbegrünung). Thalacker, Braunschweig, pp. 28 – 33 ISBN 3-87815-179-9.
- Schmidt, M. 1992. Extensive greened roofs to improve the urban climate (Extensive Dachbegrünung als Beitrag zur Verbesserung des Stadtklimas). Master, TU Berlin, 75 p.
- Schmidt, M. 2003: Energy saving strategies through the greening of buildings. Proc. Rio3.com, World energy and climate event. Rio de Janeiro, Brasil 2003.

Dipl. Ing. M. Schmidt  
TU Berlin, Institute of Landscape Architecture and Environmental Planning  
Albrecht-Thaer-Weg 2,  
D- 14195 Berlin, Deutschland  
Marco.Schmidt@TU-Berlin.de

**Session 4A:**  
**Planning, maintenance and quality control**  
**of green roofs**

***Planung, Unterhalt und Qualitätssicherung  
von Dachbegrünungen***

## Unterhalt und Pflege des extensiv begrünten Daches



**Markus Schindelholz, Sarnafil AG, Schweiz**  
**Jörg Zumstein, Sarnafil AG, Schweiz**

### Abstract

#### **Wieso Unterhalt und Pflege?**

Der Unterhalt und die Pflege sind Massnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustandes von technischen Einrichtungen. Wir unterscheiden bei Flachdächern zwischen Wartung und bei extensiv begrünten Dächern zwischen Erstellungspflege und Unterhaltungspflege.

#### **Wartung**

Unabhängig der vegetationstechnischen Massnahmen sind die technischen Einrichtungen regelmässig zu überprüfen. Die Wartung beinhaltet die Kontrolle der Dachflächen, Kontrolle der An- und Abschlüsse sowie Entwässerung und Blitzschutzanlage. Ein Wartungsvertrag wird empfohlen.

#### **Erstellungspflege**

Die Erstellungspflege dient der Erzielung des abnahmefähigen Zustandes einer Begrünung. Sie ist ein Teil der Herstellung und endet mit der Abnahme. Die Erstellungspflege ist mindestens so wichtig wie die eigentliche Begrünung und gehört in jede Ausschreibung. Die Erstellungspflege beinhaltet folgende Arbeiten: Entfernen von Fremdbewuchs, Laub und Unrat, Nachsaat, evt. Windverfrachtungen ausgleichen, Pflanzenbewuchs bei Kiesstreifen, Abläufen, Kuppeln, entfernen. Die Erstellungspflege wird während einer Vegetationsperiode ausgeführt.

### **Unterhaltspflege**

Die Unterhaltspflege dient der Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes einer Begrünung. Sie schliesst an die Anwachspflege an. Die Unterhaltspflege beinhaltet Arbeiten wie Entfernen von Fremdbewuchs und Laub, Nachsaat, evt. Windverfrachtungen ausgleichen, Mähen (Vegetationstyp), zusätzliche Nährstoffversorgung, Pflanzenbewuchs bei Kiesstreifen, Abläufen, Kuppeln, usw. Entfernen. Die Unterhaltspflege wird bei 1 bis 2 Kontrollgängen pro Jahr ausgeführt. Ein Unterhaltsvertrag wird empfohlen. Auch ältere Dächer müssen nicht zwingend während dem ganzen Jahr eine geschlossene Pflanzendecke aufweisen. Lücken bieten Wildpflanzen aus der Umgebung sich auf dem Dach zu etablieren.

### **Nährstoffversorgung**

Bei mineralischen Substraten, sind in den ersten Jahren eventuell kleine Düngergaben erforderlich, bis sich der natürliche Nährstoffkreislauf eingespielt hat (max. 5 g rein-N / m<sup>2</sup> / Jahr). Hinweis an Anforderung.

### **Wer macht diese Wartungs- und Pflegearbeiten?**

Allgemeinarbeiten können bei Eignung durch den Hausabwart oder den Bauherr ausgeführt werden.. Weiterführende Arbeiten dürfen nur durch einen Fachbetrieb ausgeführt werden.

## **Maintenance and care of extensive green roofs**

### **Why maintenance and care?**

Maintenance and care are measures that preserve the target state of technical facilities. For flat roofs, one would distinguish between maintenance, and for extensive green roofs between installation maintenance and upkeep care.

### **Maintenance**

Technical facilities should be regularly inspected, independently of botanical considerations. Attention is given to monitoring the roof surfaces, monitoring connections to and from the roof, as well as the drainage system and lightning protection mechanisms. The use of maintenance contracts is recommended.

### **Installation maintenance**

Maintenance during the construction phase, or installation maintenance, targets the aspects and conditions of a green roof that will potentially decline with time. Installation maintenance is at least as important as the actual greening, and should be included in every bid. This type of maintenance includes the removal of foreign plant growth, leaves and refuse, re-seeding, possibly offsetting gaps caused by wind relocation. Plant growth is also removed from gravel strips, drains, and skylights. Installation maintenance is carried out during the vegetation growth period.

### **Upkeep maintenance**

Upkeep maintenance serves to maintain the functioning conditions of a green roof. This interfaces with the maintenance of the growing. Upkeep maintenance includes removing foreign plant growth, leaves and refuse, re-seeding, possibly offsetting gaps caused by wind relocation, mowing (depending on the vegetation type), additional nutrient application, removing plant growth in gravel strips, drains, skylights, etc. Upkeep maintenance is carried out in one or two inspection rounds per year. A maintenance contract is recommended. It might be noted that older roofs must not have conclusively closed plant cover the entire year, since gaps offer wild plants from surrounding areas the chance to become established on the roof.

### **Nutrient provision**

Mineral substrates may not require any fertilization in the first years, at least until the natural nutrient cycle has begun to level out (max 5g pure N/ m<sup>2</sup> / year). Applications should be indicated by vegetation demand.

### **Who carries out this maintenance and upkeep work?**

General tasks can be carried out, if able, according to the caretaker or the building owner. Further work should only be executed by specialists.

## **1 Definition einer extensiven Dachbegrünung**

Extensive Dachbegrünungen sind pflegearme und kostengünstige, sich selber regenerierende, flächige Begrünungen mit Sedum-Arten, sowie trockenheits-toleranten Kräutern, evtl. ergänzt mit Gräsern, Stauden oder Gehölzen. Im Verlaufe der Jahre können sich auch Moose und Flechten ansiedeln.

Das Ziel ist eine dauerhafte, möglichst vielfältige Gemeinschaft einheimischer Pflanzen zu entwickeln mit nicht wurzelaggressiven, langsam wachsenden Arten.

Die Etablierung einer stabilen Pflanzengesellschaft dauert mehrere Jahre. Nach zwei Vegetationsperioden sollte ein Deckungsgrad von mind. 60% (SFG-Richtlinie) erreicht werden. Aber auch ältere Begrünungen müssen nicht zwingend während dem ganzen Jahr eine geschlossene Vegetationsdecke aufweisen. Dadurch können lokal vorhandene geeignete Wildkräuter auf dem Dach neue Lebensräume finden.

### **1.2 Wieso braucht es überhaupt Unterhalt und Pflege?**

Der Unterhalt und die Pflege sind Massnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustandes von technischen Einrichtungen und beinhalten die Aufrechterhaltung der Funktions-fähigkeit der Dachabdichtung, der Nutz- und Schutzschicht, in unserem Falle die Begrünung, der An- und Abschlüsse sowie Durchdringungen.

Extensiv begrünte Dächer können die vorgesehene Funktion nur dann nachhaltig erfüllen, wenn die Vegetation fachgerecht gepflegt wird und die hydraulischen Bedingungen langfristig stimmen.

Der Systemgeber, Unternehmer hat die Aufgabe, den Planer bzw. den Bauherren über den Unterhalt und Pflege einer extensiven Dachbegrünung zu informieren.

Objektspezifisch vereinbarte Massnahmen zu Unterhalt und Pflege von extensiven Dachbegrünungen ergeben folgende Vorteile. Im Vordergrund steht zunächst die Erzielung, anschliessend die dauerhafte Erhaltung des vorgesehenen Begrünungszieles und der vorgesehenen Funktion der Dachbegrünung. Eine Dachbegrünung verlängert die Funktionsfähigkeit der Abdichtung. Die Einflussnahme auf den Erhalt der geplanten Vegetation kann direkt erfolgen. Unerwünschter Wildwuchs kann gezielt vermieden werden. Die Erhaltung des positiven Images der Dachbegrünung kann somit sichergestellt werden.

## **2 Unterhalt / Pflege**

Wir unterscheiden bei Flachdächern zwischen der Wartung und bei den extensiv begrünten Dächern zwischen der Erstellungspflege und der anschliessenden Unterhaltspflege.

### **2.1 Die Wartung**

Unabhängig der vegetationstechnischen Massnahmen sind die technischen Einrichtungen regelmässig zu überprüfen. Die Wartung beinhaltet die Kontrolle von innen (evt. sichtbare Feuchtstellen). Die gesamten Dachflächen sind auf allfällige Veränderungen oder Schäden zu überprüfen. Sämtliche An- und Abschlüsse, wie Kittfugen usw. müssen auf Ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Die Entwässerung muss kontrolliert und von allfälligen Verschmutzungen oder Pflanzenbewuchs befreit werden.

Wir gehen an dieser Stelle nicht detaillierter auf die Wartungsarbeiten und Kontrollen ein. Diese Arbeiten sollten aber bei allen Flachdächern durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, einen Wartungsvertrag abzuschliessen.



**Abbildung 1** Kontrolle Kittfuge



**Abbildung 2** Kontrolle Abläufe

## **2.2 Die Erstellungspflege**

Die Erstellungspflege dient der Erzielung des abnahmefähigen Zustandes einer Begrünung. Sie ist ein Teil der Herstellung und definiert den Zeitraum von der Ansaat bis zur erfolgreichen Abnahme der Dachbegrünung. Da es sich um langsam wachsende Pflanzen handelt, erstreckt sich die Erstellungspflege über mindestens eine Vegetationsperiode. Die Erstellungspflege ist mindestens so wichtig wie die eigentliche Begrünung und gehört in jede Ausschreibung.

### **2.2.1 Die Erstellungspflege beinhaltet folgende Arbeiten.**

Arbeiten bei Neuanlagen welche zwingend in die Ausschreibung zu integrieren sind:

Bei ungenügendem Deckungsgrad und bei Kahlstellen von über 1 Meter Durchmesser muss eine Nachsaat ausgeführt werden. Allfällige Substratverfrachtungen durch Wind oder starke Niederschläge müssen ausgeglichen oder mit Substrat ergänzt werden. Unerwünschtem Fremdbewuchs, der den Systemaufbau schädigen kann, insbesondere Baumsämlinge müssen von Hand mechanisch entfernt werden. Anfallendes Laub von Bäumen und Sträuchern soll entfernt werden, da die Vegetation darunter „ersticken“ kann.

### **2.2.2 Ergänzende Massnahmen, wenn diese notwendig sind, werden in der Regel nach Aufwand ausgeführt**

Die Bewässerung der neu angesäten Flächen, ist bei einem optimal gewählten Saat-Zeitpunkt (siehe auch Tabelle) in der Regel nicht notwendig. Bei allfällig auftretenden Symptomen von Nährstoffmangel kann eine Ergänzung mit geeigneten, langsam wirkenden Nährstoff-Formen, während der Hauptwachstumszeit, notwendig werden.

Es ist zu empfehlen, bei der Abnahme, ein schriftliches Protokoll zu erstellen. Mustervorlagen von Protokollen können bei einigen Systemanbietern oder bei den Verbänden bezogen werden.

## **2.3 Unterhaltspflege**

Die Unterhaltspflege dient der Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes einer Begrünung. Die Unterhaltspflege soll den Ist-Zustand nach der Abnahme in etwa erhalten, ohne die Weiterentwicklung einer ausgewogenen Pflanzengesellschaft stark zu behindern. Die Unterhaltspflege wird bei 1 bis 2 Kontrollgängen pro Jahr ausgeführt.

### **2.3.1 Die Unterhaltspflege beinhaltet folgende Arbeiten:**

Die Randzonen, Kiesstreifen und Dacheinläufe müssen vor dem einwachsen der Vegetation befreit werden, dies erfolgt manuell von Hand. Aufkommende Baumsämlinge und Unkräuter, insbesondere wurzelaggressive oder rhizombildende Arten wie zum Beispiel Schilf, Huflattich, Quecke, etc. müssen ebenfalls manuell von Hand entfernt werden. Der Einsatz von Herbiziden auf Flachdächern ist in der Schweiz gemäss BUWAL verboten.

Bestehendes Substrat muss, falls dieses durch Erosion verfrachtet oder abgetragen wurde, ergänzt und ausgeglichen werden und diese Stellen müssen anschliessend neu angesät werden. Eine ganzflächige Nachsaat ist in der Regel auch nach extremen Trockenperioden nicht notwendig, da sich eine etablierte Begrünung durch Selbstaussaat meistens selber wieder regenerieren kann. Anfallendes Laub von Bäumen und Sträuchern soll entfernt werden, da die Vegetation darunter „ersticken“ kann.

Bei üppigem Pflanzenwuchs infolge zu guter Wasser- oder Nährstoffversorgung oder entsprechend gewählter Vegetationsart empfiehlt es sich 1 bis 2 Mal pro Jahr die Dachfläche zu mähen: Der optimale Schnitt-Termin liegt bei ende Mai – ende Juni, sowie im Spätsommer.

Der Schnitt kann von Hand mittels Sense oder mittels Motorsense erfolgen. Das Schnittgut ist immer abzuführen, dieses darf nicht auf dem Dach liegen gelassen werden. Die Schnitthöhe liegt in der Regel bei ca. 8 cm



**Abbildung 3** Extensive Dachbegrünung ohne Unterhaltspflege.


Es wird empfohlen ein Unterhaltsvertrag zwischen dem Bauherren und dem Unternehmer abzuschliessen. Vorlagen von Unterhaltsverträgen, Leistungsverzeichnissen und Kontrollplänen können bei einigen Systemanbietern oder bei den Verbänden bezogen werden.


### **3 Nährstoffversorgung**


Bei Symptomen von Nährstoffmangel oder bei rein mineralischen Substraten, die oft nur geringe Mengen an pflanzenverfügbaren Nährstoffen enthalten, sind in den ersten Jahren eventuell kleine Nährstoffgaben erforderlich, bis sich der natürliche Nährstoffkreislauf eingespielt hat (max. 5 g rein-N / m<sup>2</sup> / Jahr). Es sind nur chlorfreie, mit tiefem Salzindex, langsam wirkende Nährstoffformen zu verwenden. Wurde die Ansaat zusammen mit einem Samenhaftstoff ausgeführt, ist im Erstellungsjahr meist keine zusätzliche Nährstoffzufuhr erforderlich.

### Jahresplan Unterhalt und Pflege extensiver Dachbegrünungen

	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
<u>Ansaat</u>												
- Kräutersamen	ungünstig, kritisch	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich
- Sedumsprossen	unmöglich, sinnlos	unmöglich, sinnlos	* ungünstig, kritisch	* ungünstig, kritisch	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich
<u>Unterhaltspflege</u>												
- Kontrollgänge	ungünstig, kritisch	ungünstig, kritisch	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich
- Nährstoffgaben	unmöglich, sinnlos	unmöglich, sinnlos	unmöglich, sinnlos	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich	optimal, gut möglich

 optimal, gut möglich

 günstig, möglich

 ungünstig, kritisch

 unmöglich, sinnlos

\* Verfügbarkeit bei Sprossen unsicher

## 4 Wer kann diese Wartungs- und Pflegearbeiten ausführen?

Allgemeinarbeiten wie unerwünschte Vegetation entfernen, usw. können bei Eignung durch einen versierten Hausabwart oder den Bauherr selber ausgeführt werden. Weiterführende Arbeiten, respektive alle Arbeiten welche direkt mit der Dachabdichtung zu tun haben, dürfen nur durch einen Fachbetrieb ausgeführt werden. Bei allen Arbeiten, welche auf dem Dach durchgeführt werden, sind die landesüblich geltenden Sicherheitsvorkehrungen (Absturzsicherungen, usw.) zu treffen.

Markus Schindelholz, Sarnafil AG,  
Industriestr., 6060 Sarnen  
markus.schindelholz@sarna.com

Jörg Zumstein, Sarnafil AG,  
Industriestr., 6060 Sarnen  
joerg.zumstein@sarna.com

# Schrägdach-Begrünungen

**Roland Appl, Technischer Leiter ZinCo GmbH, Deutschland**

## Abstract

Während die Flachdachbegrünung heute alljährlich auf Millionen von Quadratmetern ausgeführt wird, ist die Begrünung stärker geneigter Dächer erst im Kommen. Da man Schrägdächer schon von weitem sieht, fallen nicht funktionierende oder auch ungepflegte Begrünungen besonders auf. Nicht nur aus diesem Grund, sondern weil eine abrutschende Begrünung zur Gefahr für Leib und Leben werden könnte, kommt es auf eine sorgfältige Planung und Ausführung sowie auf eine fachgerechte Pflege und Wartung bei begrünten Schrägdächern besonders an. Um es von vornherein klarzustellen: Schrägdachbegrünungen sind bei richtiger Planung und Ausführung dauerhaft und sicher und auch sie bringen ökologische und bautechnische Vorteile mit sich. Da geneigte Flächen der Sonne zu- oder abgewandt sein können und z. B. der Firstbereich schneller austrocknet als der Traufbereich, ergeben sich bezüglich der Themen Pflanzenauswahl und Wasserversorgung naturgemäß Unterschiede zum Flachdach. Auch die Themen Schubabtragung und Schutz vor Erosion werden mit zunehmender Dachneigung immer wichtiger. Im Referat wird behandelt, wie mit den Schub- und Erosionskräften umzugehen ist, welche Möglichkeiten des Traufabschlusses es gibt, wann und wie zusätzliche Schubschwellen innerhalb einer Dachfläche anzuordnen sind und wie die Be- und Entwässerung von begrünten Schrägdächern aussehen kann. Der eigentliche Gründach-Aufbau unterscheidet sich ebenfalls von dem auf einem Flachdach. Sowohl die Dachabdichtung wie auch sinnvolle Schutzlagen werden angesprochen wie auch die Möglichkeiten über profilierte Elemente aus Hartschaum oder zusammensteckbare Raster-Elemente aus Recycling-Kunststoff die aus der Substratauflage resultierenden Schubkräfte in stabile Traufaufkantungen oder Schwellen abzuleiten.

## The greening of pitched roofs

While flat green roofs are estimated to be implemented on a scale of millions of square meters annually, the greening of pitched roofs is still in its infancy. Since pitched roofs can be seen from a far, unsuccessful or unattended greenings of pitched roofs are highly visible and command attention. It is not for these reasons alone but because sliding greenings can represent a life threatening danger that careful planning and execution, as well as skilled attendance and maintenance are a high priority. One key point is emphasized: with correct planning and execution pitched roofs are both safe and durable, and furthermore offer distinct ecological advantages as well as benefits in terms of the building construction itself. Since tilted surfaces can either face the sun or not, and since the ridge area dehydrates more quickly than the eaves area, there are significant differences of plant selection and watering in comparison to flat roofs. In addition, the topics of the transfer of shear forces and the prevention of erosion gain in significance with increasing angle. The topic of the presentation is also on how to deal with shear and erosion forces, what the options are in regards to the eaves, whether or when to place additional shear barriers, and how hydration and dehydration of pitched green roofs is to be conceived. The fundamental construction of the pitched roofs' is also significantly different from flat roofs. Both the water proofing as well as protective layers are addressed and the options of utilizing profiled elements from XPS, or grid-elements that fit together, in order to direct the forces of the substrate into stable roof eaves construction or into shear barriers, are explored.

## 1 Einleitung

Worauf es bei der Substratauswahl für begrünte Schrägdächer ankommt, wie Substrate aufgebracht und gegen Erosion geschützt werden können, ist ebenfalls Thema des Referates wie auch die Auswahl geeigneter Pflanzen und deren Einbringung. Eingegangen wird schließlich auf die bei begrünten Schrägdächern notwendigen Pflege- und Wartungsmaßnahmen und anhand ausgewählter Beispiele auch darauf, wie sich verschiedene Vegetationsformen abhängig z. B. von der Exposition der jeweiligen Dachfläche entwickeln bzw. verändern werden.

Da man ein geneigtes Gründach im Gegensatz zu den meisten begrünten Flachdächern bereits von weitem sieht, geben begrünte Schrägdächer immer wieder Anlass für Diskussionen. Abgesehen davon, dass sich die Geister wahrscheinlich immer daran scheiden werden, ob ein „Grasdach“ oder ein „Sedum-Dach“ nun schöner ist als ein Ziegeldach oder nicht, fallen natürlich nicht funktionierende oder auch ungepflegte Begrünungen besonders auf. Nicht nur aus diesem Grund, sondern weil ein abrutschendes Dach eventuell auch zur Gefahr für Leib und Leben werden

kann, kommt es auf eine sorgfältige Planung und Ausführung sowie auf eine fachgerechte Pflege und Wartung bei begrünten Schrägdächern besonders an.



**Abb. 1** Von stabiler Traufaufkantung kann hier keine Rede sein.  
Der Gründachaufbau ist zu großen Teilen abgerutscht und liegt am Boden.

Nichts desto trotz sind Schrägdachbegrünungen bei richtiger Planung und Ausführung dauerhaft und sicher; sie speichern Wasser und verzögern den Abfluss von Überschusswasser; sie wirken schall- und wärmedämmend und sie bieten Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Da geneigte Flächen der Sonne zu- oder abgewandt sein können und z.B. der Firstbereich schneller austrocknet als der Traufbereich, ergeben sich was die Themen Pflanzenauswahl und Wasserversorgung anbelangt naturgemäß Unterschiede zum Flachdach. Auch die Themen Schubabtragung und Schutz vor Erosion werden mit zunehmender Dachneigung immer wichtiger.

## **2 Die Unterschiede beginnen bereits bei der Dachkonstruktion**

Die Unterschiede fangen bereits bei der eigentlichen Dachkonstruktion an, denn während Flachdächer bereits von vornherein über eine Dachabdichtung verfügen, werden Schräg- und Steildächer in der Regel mit einer Dacheindeckung versehen, sei es aus Tondachziegeln, Betondachsteinen, Schiefer- oder Wellplatten. Eine Dacheindeckung leitet zwar Niederschlagswasser ab, bei Rückstau ist sie aber nicht wasserdicht. „Schuppige“ Dacheindeckungen sind daher in der Regel nicht als Untergrund für eine Dachbegrünung geeignet. Sie sind überdies in der Regel wesentlich leichter als ein Dachbegrünungsaufbau, so dass z.B. ein zuvor vorhandenes Ziegeldach nicht ohne weiteres in ein Gründach umgebaut werden kann. Die statischen Voraussetzungen müssen überprüft und gegebenenfalls erst geschaffen werden.

Grundlage für eine Schrägdachbegrünung ist, dass die zu begrünenden Flächen mit einer Dachabdichtung versehen werden, die zumindest in den Randbereichen mechanisch fixiert sein sollte. Hierbei können für die Abdichtung grundsätzlich Bitumen-, Kunststoff oder Kautschukbahnen verwendet werden. Wichtig ist, dass die Dachabdichtung von vornherein bereits wurzelfest ist, da sich zusätzliche Wurzelschutzfolien aufgrund ihrer Gleitwirkung auf geneigten Flächen nur sehr schwierig verlegen lassen. Auch auf das Thema Bauphysik ist zu achten, denn während bei einer schuppigen Bedachung Wasserdampf durch die zahlreichen Überlappungsfugen nach oben / außen entweichen kann, muss dieser bei abgedichteten Flächen entweder durch eine einwandfrei verlegte Dampfsperre am Eindringen in die Dachkonstruktion gehindert oder mittels Hinterlüftung nach außen abgeführt werden! Eine nur an die Sparren „angetackerte“ Alufolie reicht als Dampfsperre unter einem abgedichteten Dach auf keinen Fall aus!

Wichtig ist auch, sich bereits im Vorfeld mit dem Thema der späteren Pflege und Wartung zu befassen. Dachfenster können hierbei als Ausstieg genutzt werden. Darüber hinaus sollten in jeweils gut erreichbaren Abständen im Bereich der Dachfläche genügend Anschlagpunkte vorgesehen werden, mit Hilfe derer man sich bei Wartungs- und Pflegearbeiten sichern kann.

### **3 Schub- und Erosionskräfte sind zu beachten...**

Gemäß den „Fachregeln für Dächer mit Abdichtungen“ sollen zwar auch Flachdächer eine Mindestneigung von 2 % aufweisen, mit verstärkten Schub- und Erosionskräften ist jedoch erst ab einer Dachneigung von ca. 10° (= 18 %) zu rechnen. Bis zu dieser Neigung kann die „normale“ Flachdach-Begrünungstechnik eingesetzt werden. Übersteigt die Dachneigung 10° sind abhängig von der Neigung verschiedene Maßnahmen zu ergreifen.

Da sich in Gefälle-richtung Schubkräfte ausbilden, welche mit zunehmender Neigung, Aufbaudicke und Dachlänge größer werden, ist am Fußpunkt des Daches für ein entsprechend stabiles Widerlager zu sorgen. Die Dimensionierung dieses Widerlagers und eventuell weiterer notwendiger Schubschwellen innerhalb der Dachfläche sollte durch den Statiker erfolgen, der auch die in der jeweiligen Region anzusetzende Schneelast kennt und mit berücksichtigt.

Grundsätzlich kann der eigentliche Dachrand ausreichend hoch und stabil ausgebildet werden, was aber oftmals zu recht massiven Konstruktionen führt. Eine Alternative, die einen „schlanken“ Dachrand ermöglicht besteht darin, eine Schwelle knapp oberhalb der Dachtraufe zu setzen und als unteren Abschluss z.B. ein mit Schlitz versehenes Metallprofil aus Edelstahl einzubauen, welches sehr filigran sein kann, da es kaum Kräfte aufzunehmen hat. Die oberhalb einzubauende Schwelle muss natürlich – wie auch eventuell notwendige weitere Schwellen innerhalb der Dachfläche – fachgerecht eingedichtet werden. Es ist darauf zu achten, dass im Falle von Schwellen aus Holz diese trocken eingebaut werden. Schubschwellen sollten zudem stellenweise unterbrochen sein, damit Überschusswasser nach unten ablaufen kann. Die Lücken in den Schwellen müssen auf jeden Fall so breit ausgebildet werden, dass die Dachabdichtung rundum einwandfrei gefügt werden kann.

Mitunter ist es auch nicht möglich, stabile Schwellen in der Dachfläche oder im Traufbereich anzubringen. Eine Alternative kann dann unter Umständen darin bestehen, die Begrünung „aufzuhängen“. Dieses kann bei Sattel- oder Tonnendächern eventuell dadurch erfolgen, dass entsprechend zugfeste Krallgewebe, Netze oder auch Edelstahlbänder mit daran fixierten Querprofilen bzw. Rasterelementen über den First geführt werden, so dass diese später durch den Begrünungsaufbau beidseitig gleichmäßig auf Zug beansprucht werden.

### **4 Dachentwässerung**

Was das Thema Dachentwässerung anbelangt, kann diese punktuell über Dachabläufe oder Wasserspeicher erfolgen. Dabei spielt es letztendlich keine Rolle, ob die Entwässerung nach vorne, nach unten oder zur Seite erfolgt. Wichtig dabei ist, dass die Entwässerungspunkte an der tiefsten Stelle des Daches liegen, so dass keine dauerhaft wassergefüllte Rinne entsteht, was sich in der Vegetation abzeichnen würde, und dass die Entwässerungspunkte kontrollierbar bleiben. Letzteres kann durch den Einbau entsprechender Randkontrollschächte gewährleistet werden.

Die Entwässerung begrünter Schrägdächer kann alternativ auch über außen liegende Dachrinnen erfolgen, was natürlich voraussetzt, dass entlang der Traufe wasserdurchlässige Profile oder Traufbalken, die an stabilen Haltern mit etwas Abstand zur Abdichtung einzubauen sind, vorgesehen werden.

### **5 Der Aufbau einer Schrägdach-Begrünung**

Der eigentliche Gründach-Aufbau unterscheidet sich ebenfalls von dem auf Flachdächern. Kommt es bei Flachdächern zum Beispiel darauf an, etwaige Pfützen auf der Dachfläche durch ausreichend hohe Dränelemente so zu überbrücken, so dass es nicht zu Vernässungen kommt, so ist es bei begrünten Schrägdächern besonders wichtig, die aus der Substratschicht resultierenden Schubkräfte aufzunehmen und in die Dachunterkonstruktion abzuleiten. Zu diesem Zweck können oberseitig entsprechend profilierte Drän- und Wasserspeicherelemente aus Hartschaum eingesetzt werden. Diese werden, von unten beginnend, dicht gestoßen auf der mit einer Schutzmatte abgedeckten Dachabdichtung verlegt, so dass nach Aufbringen des Substrates die sich dann ergebenden Schubkräfte von Platte zu Platte übertragen und schließlich in ein Widerlager abgeführt werden. Diese Bauweise - bei Dachneigungen über 15° ergänzt durch ein grobmaschiges Erosionsschutzgewebe aus Jute, welches leicht in die Substratschicht eingearbeitet wird - empfiehlt sich bis zu einer Dachneigung bis ca. 25°.



**Abb. 2** Eine interessante Kombination aus Gründach und Ziegeldach weist dieses Haus in Sipplingen am Bodensee auf. Unter der Begrünung wurden Hartschaum-Elemente eingesetzt.

Auf steileren Dächern haben sich stabile, ca. 50 x 50 cm große und 10 cm hohe, zusammensteckbare Raster-Elemente aus Recycling-Kunststoff bewährt, welche größere Kräfte aufnehmen können (bis ca. 800 kg/m) und die nahezu die gesamte Höhe der Substratschicht sichern. Ein Einsatz dieser Bauweise ist bis 35° problemlos und mit ergänzenden Maßnahmen auch darüber hinaus möglich.



**Abb. 3** Diese rasterförmig zu verlegenden Elemente aus Recycling-Kunststoff sind für den Einsatz bis ca. 35° Neigung konzipiert.

Um mehr Wasser zurückhalten zu können, werden bei geneigten Dächern im Regelfall wesentlich dickere Schutz- und Speichermatten eingesetzt als bei flachen Dächern. Aus demselben Grund empfiehlt es sich, mit zunehmender Dachneigung ein Substrat mit einer etwas höheren Wasserspeicherkapazität zu verwenden und auch die Dicke der Substratschicht zu erhöhen. Genügen bei Dachneigungen von weniger als 10° sieben oder acht Zentimeter für eine extensive Begrünung mit Sedum-Arten und anderen Stauden, so sollten es bei 20° wenigstens zehn Zentimeter und bei 30° zwölf Zentimeter sein. Um Pflanzenausfälle bei längerer Trockenheit zu vermeiden - diese könnten zu Ansatzpunkten für Erosion führen - sollte bei stärker geneigten Dächern auf jeden Fall die Möglichkeit einer Zusatzbewässerung vorgesehen werden. Dies kann durch im Firstbereich verlegte Tropfschläuche oder „über Kopf“ durch Regner oder Sprühdüsen erfolgen. Eine Bewässerung in Trockenzeiten dient natürlich nicht zuletzt auch dem Erscheinungsbild eines begrünten Schrägdaches.

## **6 Pflanzenauswahl bei begrünten Schrägdächern**

Auch wenn die Substratschichtdicke gegenüber dem Flachdach etwas erhöht und für eine Bewässerung in Trockenzeiten gesorgt wird, stellen begrünte Schrägdächer besondere Anforderungen an die Pflanzenauswahl. Nicht

nur dass sich die Standortbedingungen unterscheiden, je nach dem ob es sich z.B. um eine Dach-Nord- oder Südseite handelt, auch der Firstbereich trocknet z.B. schneller aus als der Bereich entlang der Traufe, da dieser am längsten mit Wasser versorgt wird.

Grundsätzlich können für die Begrünung von Schrägdächern verschiedene Sedum-Arten verwendet werden, ergänzt durch trockenheitsverträgliche Stauden. Generell sollte Sedum als Hauptvegetation dienen, während die anderen Stauden ab ca. 20° Neigung vor allem auf den der Sonne abgewandten und weniger exponierten Flächen zusätzliche Blühaspekte bilden können. Sie sollten i. d. R. nur in 3er- bis 5er- (max. 7er-) Gruppen eingestreut werden. Ab ca. 25° sollte der „Staudenanteil“ reduziert werden, da Sedum besser in der Lage ist, sich bei geringer Wasserversorgung zu halten sowie die Erosionssicherheit zu gewährleisten.

Dächer mit Neigungen ab 30° werden am sinnvollsten ausschließlich mit Sedum begrünt. Zu beachten gilt es, dass die Einzelflächen für eine Sedumart generell auf ca. 1 - 2 m<sup>2</sup> beschränkt werden sollten. Mindestens vier verschiedene Sedumarten sorgen für eine stabile Vegetation.



**Abb. 4** Bei diesem ca. 30° geneigten Dach wurden 10 cm hohe Raster-Elemente aus Recycling-Kunststoff eingesetzt; die Bepflanzung erfolgte mit 28 Sedum-Flachballenpflanzen je m<sup>2</sup>.

Die Vegetation auf geneigten Dächern lässt sich bis zu einer Neigung von 25 - 30° in Form von Flachballenpflanzen einbringen, wobei allerdings die Pflanzdichte gegenüber einer Flachdachbegrünung deutlich erhöht werden sollte. Bis 15° Neigung empfiehlt sich eine Pflanzdichte von 15 – 20 Stück/m<sup>2</sup>; über 15° Neigung von 20 – 25 Stück/m<sup>2</sup> und über 25° Neigung von mind. 28 Stück/m<sup>2</sup>. Bei Neigungen von mehr als 30° sollte vorkultivierten Vegetationsmatten oder vorkultivierten Gitter-Elementen der Vorzug gegeben werden; diese empfehlen sich auch bei geringerer Neigung in stark windexponierten First- und Randbereichen.

Ein Dach mit „Rollrasen“ zu belegen, wie es teilweise gemacht wird, ergibt zwar ein „schnelles Grün“; bei Schrägdächern wird die Freude darüber aber in der Regel nur kurz anhalten, es sei denn, der Rasen wird regelmäßig gewässert, gedüngt und gemäht. Ohne diese Maßnahmen wird unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen selbst ein „Böschungsrassen“ schnell dürr und braun. Der dichte Filz verhindert zudem für lange Zeit, dass dem Standort angepasste Arten sich ansiedeln können. Wenn jemand ein „Gräserdach“ wünscht, empfiehlt sich die Ansaat einer trockenheitsverträglichen Gras-Kraut-Vegetation, mit regenerationsfähigen Festuca- und Carex-Arten. Einmal im Jahr sollte jedoch auch hier eine Mahd erfolgen, um die Artenvielfalt zu erhalten.



**Abb. 5** Trockenheitsverträgliche Gräser geben diesem Blockhausdach den Charakter eines „Halbtrockenrasens“.

## **7 Fazit**

Die Begrünung von Dächern mit mehr als 25° Neigung stellt nach wie vor eine gewisse Herausforderung für Planer und Ausführenden dar. Doch die Technik ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass sich in der Regel eine der Dachkonstruktion und den Vorstellungen des Bauherrn angepasste Begrünungslösung finden lassen wird. Wichtig ist hierbei, dass der Begrünungsaufbau lagesicher ist und nichts abrutschen kann und dass möglichst von Beginn an eine Pflanzengemeinschaft aufgebracht wird, die unter den jeweiligen Klima- und Standortbedingungen stabil und dauerhaft ist – eine entsprechende Mindestpflege selbstverständlich vorausgesetzt.

Roland Appl  
Dipl.-Ing.(FH) Bauphysik,  
Technischer Leiter ZinCo GmbH  
Grabenstraße 33, D-72669 Unterensingen, Deutschland  
E-mail: [roland.appl@zinco.de](mailto:roland.appl@zinco.de)

# Qualitätssicherung und Zertifizierung von Dachbegrünungen in Österreich

**Andreas Moser, Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) Österreich**

**Christian Oberbichler, Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.), Österreich**

## Abstract

Drei Stufen der Qualitätssicherung von Dachbegrünungen in Österreich durch den Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) Der V.f.B. entwickelte in seiner langjährigen Verbandstätigkeit folgende Bausteine der Qualitätssicherung von Dachbegrünungen:

- 1) die ONR 121131,
- 2) das Bewertungsmodell für Dachbegrünungen, und
- 3) die Gründachzertifizierung mit VfB – Gütesiegel

Die ÖNORM-Regel ONR 121131 gibt die Mindeststandards zur Gründacherrichtung vor und ist seit Juni 2002 die anerkannte Regel der Technik in Österreich. Sie ist Richtlinie und Basis für Planung und Ausschreibung, Grundlage für Sachverständigen-Gutachten und Nachschlagewerk für Fachleute und interessierte Laien. Zusätzlich findet sich in der ON Regel als informativer Anhang das vom VfB erarbeitete Bewertungsmodell für Dachbegrünungen. Dieses Modell für Dachbegrünungen soll es Architekten und Bauherren ermöglichen, die am Markt befindlichen unterschiedlichen Begrünungssysteme und -aufbauten hinsichtlich ihres ökologischen und funktionalen Wertes anhand der erreichten Punktezahlen zu beurteilen. Es soll Behörden bei der Heranziehung von Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahme Hilfestellung bieten (Festlegung der Mindestanforderungen und deren Kontrolle). Der Grundgedanke ist, dass nicht die Bauweise, sondern die Funktionalität für den Wert entscheidend ist. Die Zertifizierung und die Kennzeichnung von Gründachkomponenten und -aufbauten durch ein Gründachsiegel sind die logische Weiterführung von ÖNORM-Regel ONR 121131 und Bewertungsmodell. Das neue V.f.B. Gründach-Gütesiegel unterstützt Architekten, Bauherren und Konsumenten, kann Entscheidungshilfe bei der Gründach-Partnerwahl sein und gibt Sicherheit bei der Errichtung.

So können ausdrücklich zertifizierte Begrünungskomponenten oder Aufbauten ausgeschrieben bzw. bei der Auswahl der Begrünungspartner auf die entsprechende Zertifizierung geachtet werden. Die Zertifizierung gliedert sich in drei Teilbereiche. Die Zertifizierung A umfasst einzelne Aufbaukomponenten einer Dachbegrünung. Es wird auf der Basis von vom Antragsteller vorgelegten Prüfzeugnissen mindestens eines unabhängigen Prüfinstitutes die Übereinstimmung der Eigenschaften des Produktes mit den Richtlinien der ÖNORM-Regel ONR 121131 geprüft. Bei der Zertifizierung B werden Gesamt-Begrünungsaufbauten in Hinblick auf die Erreichung einer angestrebten Anzahl der Gesamtpunkte nach dem Bewertungsmodell für Dachbegrünungen (Anhang A der ÖNORM-Regel ONR 121131) geprüft. Voraussetzung bildet die Zertifizierung A der eingebauten Komponenten. Die Zertifizierung C enthält eine Empfehlung des V.f.B. und wird für Aufbauten vergeben, die den zusätzlichen Begutachungskriterien des V.f.B. entsprechen. Sie basiert auf der Zertifizierung B, mindestens zwei Mustergründachobjekte unterschiedlichen Alters werden untersucht und beurteilt. Gemeinsam sollen diese drei vom Verband für Bauwerksbegrünung Österreich gelegten Grundsteine das Fundament zur Sicherung, zur Steigerung und zur Kontrolle der Qualität von Dachbegrünungen in Österreich bilden.

## Three steps for guaranteeing green roof quality in Austria through the VfB (Association for Green Construction)

From its long history of tasks, the Austrian Association for Green Construction, VfB, has developed the following three cornerstones for guaranteeing quality on green roofs in Austria:

- 1) the ONR 121131,
- 2) the evaluation model for green roofs, and
- 3) the green roof certification, by VfB-Seal-of-Approval

The ÖNORM-Standard ONR 121131 alleges the minimum standards for green roof installation and, since June 2002, is the acknowledged rule of technology in Austria. It is the guideline and basis for planning and bidding, basis for expertise, and book of reference for professionals and interested citizens. Also included with the ON-Rule is an informative attachment, The Evaluation Model for Green Roofs, which was developed by VfB. The Evaluation Model for Green Roofs is intended to help architects and building owners judge the various greening systems and designs available on the market with the corresponding points, based both on their ecological and functional value. It should

also offer authorities support for drawing on green roofs as counterbalancing measures (establishing minimum requirements and their inspections). The fundamental idea is that functionality, not design, is the decisive value. The certification and designation for green roof components and –systems through a green roof seal are the logical continuation from the ÖNORM-Standard ONR 121131 and the Evaluation Model. The new VfB Green Roof-Seal-of-Approval supports architects, building owners and consumers, can help to decide on a green roof partner, and provides security during the installation. In this way, formally-certified greening components or –systems can be tendered, and the respective certification can be maintained when selecting a greening partner. The certification is divided into three areas. *Certification A* encompasses the individual components of a green roof system. At least one independent testing institute must test the quality of a product put forward by an applicant, using the guidelines from the ÖNORM-Standard ONR 121131. For *Certification B*, overall green roof designs are tested in the face of the accomplishment of a targeted number of total points following the evaluation model for green roofs (Appendix A of ÖNORM-Regel ONR 121131). *Certification A* builds the condition for incorporated components. *Certification C* contains a recommendation of the VfB and is assigned for designs which have comply with the VfBs additional appraisal criteria. This is based on *Certification B*, studying and judging at least two model green roof objects of different ages. Together, these three cornerstones established by the VfB shall serve as a foundation for security, for the progression, and for the quality control of green roofs in Austria.

## **1 Einleitung**

Seit seiner Gründung 1991 arbeitet der österreichische Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) aktiv an den technischen Standards und Vorhaben zur Qualitätssicherung von Dachbegrünungen. Neben der Entwicklung verschiedener Serviceprodukte und Leistungen für Bauherren und Planer (wie z.B. Hersteller-neutrale standardisierte Gründach – Ausschreibungstexte, Liste von langzeitgeprüften wurzelfesten Abdichtungsbahnen) sind vor allem drei Bausteine bzw. Stufen zur Qualitätssicherung das Ergebnis dieser jahrelangen Verbandstätigkeit:

- 1) die ONR 121131
- 2) das Bewertungsmodell für Dachbegrünungen
- 3) die Gründach – Zertifizierung mit VfB – Gütesiegel

## **2 Die ONR 121131: Qualität durch anerkannte technische Standards**

Da es in Österreich keinerlei Richtlinien und Normen für Gründächer gab, war das erste Ziel des Verbandes, solche zu erarbeiten und zu standardisieren. Ab 1993 galten die VfB – Gründach-Richtlinien als anerkannte Regeln der Technik und garantieren eine Rechtssicherheit für Planer, Bauherren und Baufirmen.

Das österreichische Normungsinstitut (ON) hat nach Überarbeitung, Vorlage und Antrag durch den VfB - Österreich diese Richtlinien im Juni 2002 als ON Regel ONR 121131 „Qualitätssicherung im Grünraum, Gründach, Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung“ herausgegeben. Diese Norm stellt das derzeit gültige Regelwerk für Dachbegrünungen in Österreich dar und ist über das Österreichische Normungsinstitut erhältlich.

Die ON - Richtlinien sollen Fachleuten und allgemein Interessierten Grundsätze und Anforderungen für die Begrünung von Bauwerken vermitteln. Sie gelten für die Planung, Ausführung und den Unterhalt von Begrünungen auf unterschiedlichsten Dachflächen. Sie entsprechen dem derzeitigen Stand der Technik und beschreiben sowohl Bauweisen von Begrünungen als auch die Anwendung von Baustoffen und Bepflanzungen.

Der Inhalt der ONR gliedert sich wie folgt:

1. Anwendungsbereich
2. Normative Verweisungen
3. Begriffe
4. Begrünungsarten und Ausbildungsformen
5. Voraussetzungen für Dachbegrünungen
6. Bautechnische Erfordernisse
7. Anforderungen an den Aufbau von Vegetationsflächen
8. Dränschicht
9. Filterschicht

10. Vegetationstragschicht
11. Anforderungen an Saatgut, Pflanzen und Vegetation
12. Begrünungsverfahren, Pflege und Erhaltung
13. Sicherungsmaßnahmen
14. Ermittlung der Standortqualität für die Vegetation
15. Prüfungen
16. Rahmenbedingungen für Dachbegrünung
17. Anforderungen an Bodengemische und Drainagen

Anhang A (informativ): Bewertungsmodell für Dachbegrünungen

Anhang B (informativ): Literaturhinweise

Zusätzlich findet sich also in der ON Regel als informativer Anhang das vom VfB erarbeitete Bewertungsmodell für Dachbegrünungen.

### **3 Das Bewertungsmodell für Dachbegrünungen: Qualität durch objektiven Vergleich**

Der Verband für Bauwerksbegrünung Österreich (VfB) hat ein Bewertungsmodell für Dachbegrünungen entwickelt, das die wichtigsten Faktoren wie Aufbaudicke, Wasserspeicherung, Artenvielfalt und Gehalt an organischer Substanz berücksichtigt. Als Grundlage diente dabei das Bewertungssystem der FLL, das seit 1997 praktische Anwendung in Deutschland findet.

Grundvoraussetzung für das Modell war es einfache, aber messbare, Kriterien zu finden, nach denen die Dachbegrünungen bewertet werden können bzw. nach denen Mindestanforderungen je nach Lage und erforderlicher Ausgleichsfunktion in Flächenwidmungsplänen und Bebauungsplänen festgeschrieben werden können.

Das Bewertungsmodell gewährleistet weitgehend die Unabhängigkeit von bestimmten Bauweisen, Stoffen oder Systemen, da weder die Kombinationen von Stoffen, die Stoffauswahl, noch einzelne Schichtdicken reglementiert werden. Trotzdem sind mit den gegebenen Grundpunktezahlen Vergleichswerte zur objektiven Beurteilung verschiedener Dachbegrünungen bereits in der Planungsphase möglich. Der Grundgedanke ist, dass nicht die Bauweise, sondern die Funktionalität für den Wert entscheidend ist.

Grundlage für das Bewertungsmodell sind die ON – Richtlinien. Den Begriffsdefinitionen der ONR 121131 folgend wird eine Einteilung in „reduzierte extensive“ Begrünung, „extensive“ Begrünung, „reduzierte intensive“ Begrünung und „intensive“ Begrünung getroffen (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Grundpunkte für extensive und intensive Dachbegrünungen:

**VfB-Bewertungssystem für Dachbegrünungen**

Gesamtpunktezahl	durchwurzelbare Dicke (cm)	Begrünungsart und Ausbildungsform													
		Reduzierte Extensivbegr.	Extensivbegrünung		Reduzierte Intensivbegrünungen				Intensivbegrünung						
Nicht benutzbar								Benutzbar							
Moos-Sedum	Sedum-Moos-Kraut	Sedum-Gras-Kraut	Gras-Kraut	Gras-Kraut	Wildstauden-Gehölz	Gehölz-Stauden	Gehölz	Rasen	nied. Stauden und Gehölze	mittelhohe Stauden und Gehölze	hohe Stauden und Gehölze	Großsträucher und Kleinbäume	mittelhohe und hohe Bäume	hohe Bäume	
60	6														
80	8														
100	10														
120	12														
150	15														
180	18														
200	20														
250	25														
300	30														
350	35														
400	40														
450	45														
500	50						↓								
600	60														
700	70											↓			
800	80														
900	90							↓							
1000	100														
1250	125												↓		
1500	150														
2000	200														

erstellt von Ing. Gerold Steinbauer, VfB

Die Bewertung der Dachbegrünungen erfolgt über die Grundpunktezahl pro Quadratmeter. Ausgangsbasis ist die durchwurzelbare Aufbaudicke. Die sich ergebende Grundpunktezahl beträgt jeweils das Zehnfache der durchwurzelbaren Schichtdicke in cm. Als durchwurzelbarer Raum gelten die für die Vegetation nutzbaren Teile des Begrünungsaufbaues, das sind die Vegetationstragschicht und die Dränageschicht, sofern sie mehr als 15 % des Volumens Wasser speichern kann. Diese Grundpunktezahl ist an qualitative Mindestanforderungen bezüglich Wasserspeicherkapazität, Gehalt an organischer Substanz, Pflanzenartenanzahl bei Extensivbegrünungen und Grünvolumen pro Quadratmeter bei Intensivbegrünungen gekoppelt. Werden diese vorgegebenen Mindestwerte nicht

erfüllt, kommt es zu Punkteabzügen. Ein Negativkonto an Punkten kann entweder durch eine höhere Aufbaudicke oder durch eine Erhöhung der Artenanzahl kompensiert werden.

### 3.1.1 Rechenbeispiele

Vorgabe: 80 Punkte/ m<sup>2</sup> sollen durch eine Extensivbegrünung erreicht werden.

Variante 1: Moos-Sedum-Begrünung, Gesamtstärke 8 cm

	Grundpunkte	Wasserspeicher- kapazität in % des Volumens	Pflanzenarten	Organische Masse in % der Masse
Vorgegebene Werte	80	25 %	6	Lt. ONR
Vorhandene Werte	80	25 %	10	Lt ONR
Erfüllungsgrad	Erfüllt	Erfüllt	Übererfüllt	Erfüllt
Rechenansatz	8 x 10	-	+ (4x2)	-
Punkteabzug/- zuschlag	0	0	+ 8	0

Gesamtpunktezahl für diese Begrünung : 88/m<sup>2</sup>

Die Grundpunktezahl beträgt bei einem 8 cm Aufbau 80 Punkte/ m<sup>2</sup>. Die Mindestwerte bzgl. maximum Wasserspeicherkapazität und Anteil an organischer Masse sind erfüllt. Anstatt der geforderten 6 Pflanzenarten sind 10 vorhanden, das bedeutet einen Zuschlag von 2 Punkten je zusätzlicher Pflanzenart, also insgesamt von 8 Punkten. Die Gesamtpunktezahl hat sich also auf 88 erhöht - der vorgegebene Wert von 80 Punkten wird mit dieser Moos-Sedum-Begrünung von 8 cm Aufbaudicke erreicht.

Variante 2: Moos-Sedum-Kraut-Begrünung, Gesamtstärke 10 cm

	Grundpunkte	Wasserspeicher- kapazität in % des Volumens	Pflanzenarten	Organische Masse in % der Masse
Vorgegebene Werte	80	35 %	8	Lt. ONR
Vorhandene Werte	100	34 %	6	Lt ONR
Erfüllungsgrad	Übererfüllt	Nicht erfüllt	Nicht erfüllt	Erfüllt
Rechenansatz	10 x 10	-	- (2x3)	-
Punkteabzug/- zuschlag	+ 20	- 4	- 6	0

Gesamtpunkteanzahl für diese Begrünung: 90/ m<sup>2</sup>

Die Grundpunktezahl beträgt durch die 10 cm Aufbaudicke 100/ m<sup>2</sup>. Durch die Nichterfüllung der maximalen Wasserspeicherkapazität ergibt sich ein Punkteabzug von vier Punkten. Die vorgeschriebene Artenanzahl von Pflanzen wird ebenfalls unterschritten, daher Reduktion um sechs Punkte. Insgesamt ergibt sich eine Reduktion um zehn Punkte, von 100 auf 90.

Das Unterschreiten der Mindestwerte der Wasserspeicherkapazität und der Pflanzenartenanzahl wird aber durch die höhere Aufbaudicke wieder ausgeglichen. Die vorgeschriebene Punkteanzahl von 80 wird mit dieser Moos-Sedum-Kraut-Begrünung von 10 cm Aufbaudicke erreicht.

Durch das vorliegende Modell können allen am Markt befindlichen Dachbegrünungssystemen bestimmte Gesamtpunkteanzahlen zugeordnet werden. Eine Vergleichbarkeit ist damit gegeben. Verschreibende Behörden, ausschreibende Planer und Bauherren sind durch das Bewertungssystem in der Lage einen Standard für die angebotenen und zur Ausführung gelangenden Begrünungsaufbauten festzulegen. Die Umsetzung des „Bewertungsmodells für Dachbegrünungen“ erfolgt bei der dritten Stufe zur Qualitätssicherung: der Zertifizierung von Dachbegrünungen.

## **4 Die Zertifizierung und Kennzeichnung mit dem Gründach-Gütesiegel: Qualität durch Prüfung und Kennzeichnung**

### **4.1 Zweck und Durchführungsregeln**

Die Zertifizierung dient u.a. der Umsetzung des vorgestellten Bewertungsmodells für Dachbegrünungen, welches als Anhang der ÖNORM-Regel ONR 121131 veröffentlicht wurde. Die Zertifizierung bezieht sich sachlich auf sämtliche Grünflächen über Gebäuden und geografisch auf das österreichische Bundesgebiet.

Im Sinne der Planer und Bauherren soll die Zertifizierung die Qualität der Dachbegrünung sicherstellen und damit dem Bauherrn und dem Planer die Sicherheit geben, mit einer einfachen und klaren Bestellung die gewünschte, optimale Leistung zu bekommen. Durch die Zertifizierung sollen die Eigenschaften der Systemkomponenten und der Systeme objektiviert werden und durch eine eindeutige Kennzeichnung eine praxisnahe Vergleichbarkeit der Produkte erreicht werden. Hochwertige Anbieter können einfach von Anbietern ungeprüfter Qualität unterschieden werden.

Als erster Schritt wurden ausführliche Zertifizierungsregeln, also Durchführungsbestimmungen zur Vorgangsweise und zum Ablauf der Zertifizierung erarbeitet. So wurden die Vorgaben für ein Zertifizierungsgremium, die Zertifizierungsbeauftragten, ein Zertifizierungsprotokoll, die geforderten Unterlagen, die Zertifizierungstermine und die Tarife der Zertifizierung festgeschrieben.

### **4.2 Die drei Zertifizierungsstufen mit Gründach - Gütesiegel**

Hauptbestandteil der Zertifizierungsregeln sind aber die Definitionen der drei Zertifizierungsstufen. Nach der Erarbeitung der detaillierten Durchführungsregeln der Zertifizierung wurde auch ein Bildsymbol für das Gründach-Gütesiegel entworfen, welches als Symbol für die genau definierten Qualitätsstandards und die kontrollierten Leistungen der drei Zertifizierungsstufen A, B, und C steht.

#### **Die Zertifizierung A: Das V.f.B.-Gütesiegel für einzelne Gründachkomponenten**

Die Zertifizierung A umfasst einzelne Aufbaukomponenten einer Dachbegrünung in den Kategorien Schutzschicht, Filterschicht, Dränschicht, Vegetationstragschicht und Vegetationsmatte. Es wird auf der Basis von vom Antragsteller vorgelegten Prüfzeugnissen mindestens eines unabhängigen Prüfinstitutes die Übereinstimmung der Eigenschaften des Produktes mit den Richtlinien der ÖNORM-Regel ONR 121131 geprüft.



Die Zertifizierung gilt für 3 Jahre ab Ausstellungsdatum des Zertifikates. Dann muss um Verlängerung der Zertifizierung um weitere fünf Jahre eingereicht werden. Der Antragsteller erhält bei Erfüllung bzw. Übereinstimmung sämtlicher gefundener Eigenschaften mit der ONR 121131 ein bestätigendes Zertifikat.

### **Die Zertifizierung B: Das V.f.B.-Gütesiegel für einen gesamten Begrünungsaufbau**

Die enthaltene Ziffer zeigt die erreichten Gesamtpunkte nach dem Bewertungsmodell für Dachbegrünungen.



Es werden Gesamt-Begrünungsaufbauten in Hinblick auf die Erreichung einer vom Einreicher angestrebten Anzahl der Gesamtpunkte nach dem Bewertungsmodell für Dachbegrünungen (Anhang A der ÖNORM-Regel ONR 121131) geprüft. Die vorgelegten Unterlagen müssen Angaben zur Begrünungsart mit Gewichtsangaben, eine Aufbaubeschreibung sowie eine Berechnung nach dem Bewertungsmodell enthalten. Ebenso wird eine Bemusterung durchgeführt, bei der die einzelnen nach Zertifizierung A zugelassenen Bestandteile des Aufbaues als Muster vorzulegen sind. Diese Bemusterung wird digital dokumentiert.

Der Antragsteller erhält bei Erfüllung bzw. Übereinstimmung sämtlicher Eigenschaften mit der ONR 121131 ein Zulassungszertifikat, das die mit dem System angestrebte Anzahl der Gesamtpunkte des Bewertungsmodells für Dachbegrünungen enthält. Die Gültigkeit dieser Zertifizierung ist zeitlich auf 5 Jahre begrenzt.

### **Die Zertifizierung C: Das V.f.B.-Gütesiegel für vom V.f.B. begutachtete und empfohlene Gründachaufbauten**

Dieses Gütesiegel enthält die Empfehlung des V.f.B. und wird für Aufbauten vergeben, die den zusätzlichen Begutachtungskriterien des V.f.B. entsprechen. Sie basiert auf der Zertifizierung B.



Zur Bemusterung sind mindestens 2 Musterobjekte zur Besichtigung zu nennen. Die Mindestgröße (zusammenhängende Grünfläche) der Referenzobjekte ist abhängig von der erreichten Punktezahl laut Bewertungsmodell bei der Zertifizierung B (bis 100 Punkte  $\geq$  500 m<sup>2</sup>, bis 200 Punkte  $\geq$  200 m<sup>2</sup>, über 200 Grundpunkte  $\geq$  30 m<sup>2</sup>).

Zumindest ein Begrünungs-Objekt muss innerhalb der ersten 24 Monate nach Aufbringung der Vegetation besichtigt werden. Objekt 2 wird frühestens 48 Monate nach Aufbringung der Vegetation besichtigt. Um eine Bewertung zu ermöglichen, müssen die Objekte dem V.f.B. mindestens 4 Wochen vor Erreichung des Begutachtungsalters benannt werden. Die Besichtigung erfolgt bei entsprechender Witterung (z.B. keine Schneelage).

Bei den Besichtigungen werden folgende Details begutachtet:

- die Pflanzenartenvielfalt
- der Deckungsgrad der Vegetation
- der art- und standortgerechte Entwicklungszustand der Vegetation
- sowie die durchwurzelbare Dicke des Schichtenaufbaues.

Artenvielfalt und durchwurzelbare Dicke werden an 3 Stellen pro 1000 m<sup>2</sup> Grünfläche, bei kleineren Dächern an mindestens 3 Stellen geprüft. Der Wert des Deckungsgrades muss mindestens 75 % bezogen auf die begrünte

Gesamtfläche betragen. Alle Begutachtungspunkte werden digital fotografiert und sofort auf CD gebrannt. Die örtliche Lage der Prüfpunkte wird auf einer vom Zertifizierungswerber beigestellten Skizze eingetragen. Der Antragsteller erhält bei positiver Beurteilung durch das Prüfungsgremium ein Zertifikat, dass das System vom V.f.B. ausdrücklich empfohlen wird.

Nach mindestens dreimaliger, begründeter Beanstandung kann die Systemempfehlung, also das Zertifikat C für das System, vom Verband widerrufen und damit aberkannt werden. Bei missbräuchlicher Verwendung eines jeden Zertifikates der Stufen A, B oder C ist der V.f.B. berechtigt, dieses mit sofortiger Wirkung ohne Kostenrückerstattung zurückzuziehen.

#### **4.3 Erfolgte Zertifizierungen**

Mittlerweile konnten fünf Gründachfirmen Zertifikate der verschiedenen Stufen erlangen. Das Spektrum der A-zertifizierten Materialien reicht von Schutzschichten, Filtervliesen, Dränprodukten bis zu Substraten für Extensivbegrünungen und Vegetationsmatten. Die nach B und C zertifizierten Aufbauten sind Einschichtaufbauten für Extensivbegrünungen mit einer Stärke von 8-10 cm. Der genaue Wortlaut der Zertifizierungsregeln und alle Details (Tarifliste, Antragsformular, Stand der zertifizierten Firmen) können der V.f.B. - Homepage [www.gruendach.at](http://www.gruendach.at) entnommen werden.

### **5 Die drei Stufen zur Qualitätssicherung zusammengefasst**

Die ÖNORM-Regel ONR 121131 gibt die Mindeststandards zur Gründacherrichtung vor und ist die anerkannte Regel der Technik. Sie ist Richtlinie und Basis für Planung und Ausschreibung, Grundlage für Sachverständigen-Gutachten und Nachschlagewerk für Fachleute und interessierte Laien.

Das entwickelte V.f.B. - Bewertungsmodell für Dachbegrünungen soll es Architekten und Bauherren ermöglichen, die am Markt befindlichen unterschiedlichen Begrünungssysteme und -aufbauten hinsichtlich ihres ökologischen und funktionalen Wertes anhand der erreichten Punktezahlen zu beurteilen. Es soll Behörden bei der Heranziehung von Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahme Hilfestellung bieten (Festlegung der Mindestanforderungen und deren Kontrolle) und damit die Akzeptanz von Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahmen durch die neutrale Differenzierung verschiedener Bauweisen fördern.

Die Zertifizierung und die Kennzeichnung von Gründachkomponenten und -aufbauten durch ein Gründachsiegel sind die logische Weiterführung von ÖNORM-Regel ONR 121131 und Bewertungsmodell. Das neue V.f.B. Gründach-Gütesiegel unterstützt Architekten, Bauherren und Konsumenten, kann Entscheidungshilfe bei der Gründach-Partnerwahl sein und gibt Sicherheit bei der Errichtung. So können ausdrücklich zertifizierte Begrünungskomponenten oder Aufbauten ausgeschrieben bzw. bei der Auswahl der Begrünungspartner auf die entsprechende Zertifizierung geachtet werden.

Gemeinsam sollen diese drei vom Verband für Bauwerksbegrünung Österreich gelegten Grundsteine das Fundament zur Sicherung, zur Steigerung und zur Kontrolle der Qualität von Dachbegrünungen in Österreich bilden. Weitere Informationen zur Qualitätssicherung und allgemein zur Gründachsituation in Österreich erhalten Sie beim Verband für Bauwerksbegrünung.

Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.)  
Wiedner Hauptstr. 63, Postfach 150  
1040 Wien  
[moser\\_andreas@hotmail.com](mailto:moser_andreas@hotmail.com)

# **Prüfung von Dachbahnen auf Wurzel- und Rhizomfestigkeit - verschiedene Verfahren im Vergleich**

**Martin Jauch u. Peter Fischer, Forschungsanstalt für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan, Deutschland**

## **Abstract**

Zur Schadenprävention ist von Wurzelschutzeinrichtungen eine dauerhaft hohe Widerstandsfähigkeit gegen Ein- und Durchdringungen von Pflanzenwurzeln und -rhizomen (unterirdische Sprossausläufer) zu fordern. Unter Anwendung unterschiedlicher biomechanischer Verfahren können Dachbahnen einer mehr oder weniger strengen Prüfung unterzogen werden mit dem Ziel, vegetationsbedingte Bauschäden durch Dachbegrünungen auszuschließen und somit die Sicherheit bei der Planung, Ausführung und Nutzung von Dachbegrünungen zu erhöhen.

## **Testing roof membranes on root and rhizome durability – Comparing various methods**

In order to prevent root damage, protection features with a durable resilience against root and rhizome (underground runners) penetration is necessary. With the use of various biomechanical methods, roof membranes can be subjected to more or less stringent tests with the goal of ruling out plant-caused structural damage from green roofs, thereby boosting certainty during the planning, installation and use of green roofs.

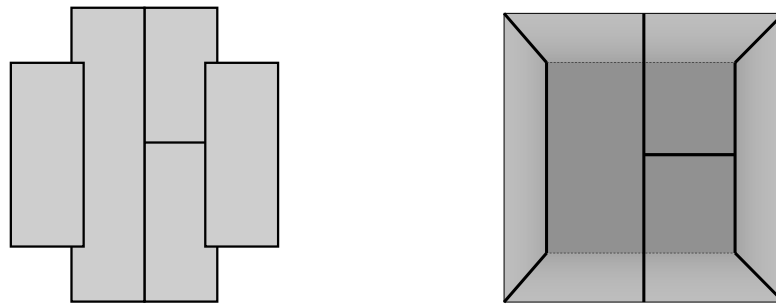
## **1 Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen (FLL-Verfahren)**

1984 wurde an der Fachhochschule Weihenstephan im Auftrag der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), ein auf die Beanspruchung der Bahnen durch Pflanzenwurzeln ausgerichtetes „Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Bahnen für Dachbegrünungen“ mit vierjähriger Dauer unter Freilandbedingungen ausgearbeitet.

Eine Weiterentwicklung des Verfahrens, abermals ermöglicht durch intensive Forschungsarbeit in Weihenstephan von 1995 bis 1999, führte zu einer Modifizierung der Versuchsbedingungen, wodurch die Versuchsdauer auf zwei Jahre reduziert werden konnte, ohne die beabsichtigt strengen Maßstäbe des bisherigen Tests aufzuweichen.

Die 2-jährige Prüfung wird in einem klimagesteuerten Gewächshaus unter Verwendung von Feuerdorn und Quecke als Testpflanzen durchgeführt. Alternativ dazu kann die Prüfung nach wie vor auch unter Freilandbedingungen durchgeführt werden, wobei anstelle von Feuerdorn Grau-Erlen zu verwenden sind. Die Untersuchung erstreckt sich dann wie bisher über 4 Jahre.

Das Verfahren beinhaltet die Prüfung von Produkten inklusive den dazugehörigen Fügetechniken. Es ist somit nur zulässig für die Prüfung einzelner Bahnen. Die Untersuchung eines Dachabdichtungssystems, d.h. eines aus mehreren Lagen zusammengefügteten Aufbaus der Dachabdichtung, ist nicht möglich. Von der zu prüfenden Bahn werden pro Gefäß 5 große Teilstücke benötigt, die am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung in 8 Gefäße (Mindestmaße: 80 x 80 x 25 cm) eingebaut und verbunden werden. Hierbei sind pro Gefäß neben Längsnähten auch 4 Wand-Ecknähte, 2 Boden-Ecknähte und 2 T-Nahtstellen auszuführen (s. Abbildung 1).



**Abbildung 1** Anordnung der Nähte der zu untersuchenden Bahn (links: Ansicht vor dem Einbau in das Prüfgefäß, rechts: Ansicht nach dem Einbau)

Weitere 3 Gefäße gleicher Größe gehen ohne Bahn in den Versuch. Sie dienen als Kontrolle für das Pflanzenwachstum. Mit einer dünnen Vegetationstragschicht, einer dichten Bepflanzung (pro Gefäß 4 wurzelaggressive Gehölze und 2 g Saatgut rhizombildender Quecke), einer maßvollen Düngung und einer zurückhaltenden Bewässerung wird der gewünschte, hohe Wurzeldruck auf die zu prüfende Bahn erzeugt.

Zu Versuchsende wird die Vegetationstragschicht entnommen und die Bahn im Hinblick auf ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome überprüft. Eine Bahn gilt als wurzelfest, wenn in allen Prüfgefäßen keine Wurzeleindringungen sowie keine Wurzeldurchdringungen festzustellen sind. Lassen sich keine Rhizomeindringungen und Rhizomdurchdringungen auffinden, gilt die geprüfte Bahn zusätzlich als rhizomfest gegen Quecke.

Die Anzahl der bereits abgeschlossenen und der noch laufenden Untersuchungen dokumentiert den hohen Stellenwert, den Hersteller von Wurzelschutzbahnen wie auch Planer von Dachbegrünungen und ausführende Betriebe diesem Verfahren beimessen: Bislang haben über 100 Bahnen verschiedener Hersteller die Untersuchung erfolgreich abgeschlossen bzw. befinden sich derzeit in Prüfung (darunter auch Bahnen aus Frankreich, Norwegen, Italien, Österreich, der Schweiz und der Türkei). Bei rund 30 Bahnen fiel das Testergebnis negativ aus.



**Abbildung 2**  
Wurzeleindringungen in die Naht einer Bahn nach 2-jähriger FLL-Prüfung

Das FLL-Verfahren wird als „anerkannte Regel der Technik“ angesehen und hat in den letzten Jahren quasi den Status einer deutschen und europäischen Norm erlangt. Der vorbildliche, hohe Standard in Europa bei der Prüfung von

Dachbahnen auf Wurzelfestigkeit beeindruckt Fachkreise weltweit. So haben es sich namhafte Fachleute der Pennsylvania State University, USA, zur Aufgabe gemacht, das FLL-Verfahren in ihrem Land einzuführen. Das Tokyo Institute of Technology, Japan, entwickelt derzeit auf der Basis des FLL-Verfahrens einen gleichwertigen Test.

Neben dem FLL-Verfahren sind weitere Vorgehensweisen zur Prüfung des Widerstands bestimmter Materialien gegen Ein- bzw. Durchdringungen von Wurzeln und Rhizomen möglich. Im Folgenden werden die derzeit bekannten Test-Verfahren angeführt und die wesentlichen Unterschiede zum FLL-Verfahren aufgezeigt und bewertet.

## **2 EN 14416: Geosynthetische Dichtungsbahnen - Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Wurzeln („Lupinentest“)**

Gemäß dieser Norm werden drei kleinformatische, einige Quadratzentimeter große Teilstücke von Bahnen (ohne Nähte) in jeweils einem Blumentopf auf Wurzelfestigkeit geprüft. Die Untersuchungsdauer beläuft sich auf 6 Wochen im Sommer bzw. 8 Wochen im Winter. Als Testpflanzen dienen Lupinen, die sich während des Tests aus dem angesäten Samen entwickeln. Zum Ende der Prüfung wird die Bahn auf ein- und durchgedrungene Wurzeln überprüft.

Die elementaren Unterschiede zum FLL-Verfahren sind eklatant, eine Gleichwertigkeit ist nicht einmal annähernd zu erkennen. Die EN 14416 ist weitgehend identisch mit der vormaligen DIN 4062. Dieses Testverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Wurzeln wird seit über 20 Jahren von der Fachwelt als völlig unzureichend angesehen. Daran wird sich wohl auch in Zukunft kaum etwas ändern, wenngleich das Verfahren inzwischen den Status einer Europäischen Norm erlangt hat.

## **3 Verfahren zur Langzeituntersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Abdichtungen (LDA-Verfahren)**

Das vornehmlich in Österreich angewandte LDA-Verfahren wurde aus dem FLL-Verfahren abgeleitet, zeigt aber z.T. wesentliche Abweichungen hiervon.

### **3.1 Geltungsbereich**

Im Gegensatz zum FLL-Verfahren lässt das LDA-Verfahren auch die Prüfung von Abdichtungssystemen zu. Sofern bei der Prüfung von Systemen nach dem LDA-Verfahren die wurzelfeste Lage stets der obersten Abdichtungslage entspricht, ist eine Gleichwertigkeit mit dem FLL-Verfahren gegeben. In anderen Fällen, in denen die wurzelfeste Lage eines Systems durch andere Lagen kaschiert wird und daher nicht unmittelbar dem Angriff von Wurzeln und Rhizomen ausgesetzt ist, sind die Verfahren nicht äquivalent. Eine Kaschierung, d.h. eine gesonderte Lage auf der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung, ist beim FLL-Verfahren ausgeschlossen.

### **3.2 Anzahl und Format der Prüfgefäße**

Beim LDA-Verfahren ist die Anzahl der Wiederholungen (Gefäße) auf 3 begrenzt, wobei die Versuchsgefäße (150 x 95 x 50 cm) größer dimensioniert sind als beim FLL-Verfahren (80 x 80 x 25 cm).

Trotz deutlicher Unterschiede in Anzahl und Format der Prüfgefäße steht bei beiden Verfahren rechnerisch eine ähnliche Bahnenfläche (rund 9 m<sup>2</sup> (FLL) bzw. 10 m<sup>2</sup> (LDA)) in Kontakt mit Wurzeln und Rhizomen. Beim LDA-Verfahren lassen sich aber bei der zur Prüfung in die Gefäße eingebauten Bahn insgesamt nur 6 T-Stöße und 12 Ecken bzw. Wandecknähte finden gegenüber 16 T-Stößen und 32 Ecken beim FLL-Verfahren. Beim LDA-Verfahren können die Wurzeln auf eine Nahtstrecke von insgesamt rund 22 m einwirken, beim FLL-Verfahren beträgt diese Strecke rund 30 m.

### **3.3 Dauer der Prüfung**

Um für die langjährige Praxistauglichkeit des untersuchten Abdichtungssystems unter Freilandbedingungen eine gesicherte Aussage zu erhalten, wird die Versuchsdauer beim LDA-Verfahren auf 4 Jahre festgelegt.

Gleiches gilt für das FLL-Verfahren, das jedoch alternativ auch einen 2-jährigen Test anbietet. Die 2-Jahres-Prüfung findet in einem klimagesteuerten Gewächshaus statt, wobei die verwendeten Pflanzenarten bei entsprechenden Temperatur- und Lichtverhältnissen das ganze Jahr über eine ausreichende Wachstumsleistung erbringen. Somit wird eine effektive Wachstumsperiode von 24 Monaten erzielt, die von ähnlicher Dauer ist wie beim 4-Jahrestest, wenn man hierbei die jährliche, mehrmonatige Ruhephase der Vegetation unter Freilandbedingungen berücksichtigt. Die beiden FLL-Prüfungen gelten als gleichwertig.

### **3.4 Auswertung der geprüften Bahn**

Beim Verfahren nach FLL wird die Bahn zum Ende der Prüfung auf ein- und durchgedrungene Wurzeln untersucht. Eine Bahn bzw. Beschichtung gilt als wurzelfest nach FLL, wenn in allen Prüfgefäßen nach Ablauf der Versuchsdauer keine Wurzeleindringungen sowie keine Wurzeldurchdringungen festzustellen sind. Das LDA-Verfahren berücksichtigt bei der Auswertung zwar auch Ein- und Durchwurzelungen, der Untersuchungsbericht muss aber lediglich das Ergebnis der Durchwurzelung enthalten. Demnach gilt eine Bahn als wurzelfest nach dem LDA-Verfahren, wenn nach Ablauf der Versuchsdauer an keiner Stelle des geprüften Abdichtungssystems eine Durchwurzelung festgestellt wird.

Im FLL- und LDA-Verfahren wird Quecke (*Agropyron repens*), ein heimische Gras, das Rhizome bildet, neben den Gehölzen als Testpflanze eingesetzt. Obwohl Rhizome wie Wurzeln in der Lage sind, Bahnen zu beschädigen, finden sich beim LDA-Verfahren keine Vorgaben für eine Beschreibung bzw. Bewertung ein- oder durchgedrungener Rhizome bei der Auswertung.

Beim FLL-Verfahren werden in die Bahn ein- und durchgewachsene Quecken-Rhizome festgestellt und im Prüfbericht aufgeführt, jedoch im Hinblick auf die Wurzelfestigkeit nicht gewertet. Wenn in allen Prüfgefäßen nach Ablauf der Versuchsdauer - analog zu den Wurzeleindringungen und Wurzeldurchdringungen - keine Rhizomeindringungen sowie keine Rhizomdurchdringungen festzustellen sind, gilt die geprüfte Bahn als „rhizomfest gegen Quecke“.

### **3.5 Bewertung des LDA-Verfahrens**

Das LDA-Verfahren weist in manchen Bereichen Ähnlichkeiten mit dem FLL-Verfahren auf, divergiert jedoch in einigen essentiellen Punkten. Das FLL-Verfahren ist - insbesondere aufgrund seiner ergänzenden Aussagen zur Rhizomfestigkeit und seiner wesentlich strengeren Maßstäbe bei der Auswertung - als höherwertig einzustufen.

## **4 prEN 13948: Bestimmung des Widerstandes gegen Durchwurzelung von Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen**

Bei der Ausarbeitung des Europäischen Norm-Entwurfs wurde der Text des FLL-Verfahrens größtenteils wortgleich übernommen. Beide Verfahren sind somit über weite Strecken identisch - die wenigen Unterschiede jedoch sind z.T. durchaus bedeutsam.

### **4.1 Anzahl und Format der Prüfgefäße**

Bei den Verfahren nach prEN 13948 und FLL werden Gefäße mit denselben Dimensionen verwendet (80 x 80 x 25 cm). Der Versuchsumfang bei prEN 13948 begrenzt sich auf 6 Prüfgefäße und 2 Kontrollgefäße (FLL 8 und 3 Gefäße). Beim FLL Verfahren stehen rechnerisch rund 9 m<sup>2</sup> Bahnenfläche im Kontakt mit Wurzeln und Rhizomen, bei prEN 13948 können die Wurzeln auf ca. 6,7 m<sup>2</sup> einwirken. Die mit Substrat bedeckten Nähte erstrecken sich beim FLL-Verfahren auf insgesamt ca. 33,5 m, bei prEN 13948 auf ca. 25 m.

### **4.1 Testpflanzen**

Die Anzahl Gehölze (Feuerdorn), die zur Prüfung einer Bahn verwendet werden, ist bei beiden Verfahren ähnlich (FLL: 32 Gehölze, prEN 13948: 30 Gehölze). Die Pflanzdichte liegt bei prEN 13948 mit rund 4,5 Gehölzen/m<sup>2</sup> höher als beim FLL-Verfahren (ca. 3,6 Gehölze/m<sup>2</sup>). Jedes Gehölz wirkt rechnerisch anteilmäßig auf eine Bahnenfläche von 0,22 m<sup>2</sup> (prEN 13948) bzw. 0,28 m<sup>2</sup> (FLL) ein.

Beim FLL-Verfahren erfolgt zusätzlich zur Gehölzpflanzung eine Ansaat von Quecke.

### **4.2 Auswertung der geprüften Bahn**

Beim Verfahren nach prEN 13948 und nach FLL werden ein- und durchgedrungene Wurzeln bewertet. Die Definitionen für Wurzeleindringungen und -durchdringungen sowie für das Testat „wurzelfest“ sind identisch. Beim FLL-Verfahren werden zusätzlich die in die Bahn ein- und durchgewachsenen Quecken-Rhizome festgestellt und im Prüfbericht aufgeführt.

### **4.3 Bewertung des Verfahrens nach prEN 13948**

Rein nach der Anzahl der Prüfgefäße bzw. der Bahnenfläche und Nahtstrecke, die in Kontakt mit unterirdischen Pflanzenorganen steht, beurteilt, zeigt sich das FLL-Verfahren gegenüber prEN 13948 hinsichtlich der Bestimmung des Widerstands gegen Ein- und Durchwurzelungen als höherwertig. Dies relativiert sich aber, legt man der Bewertung die Anzahl der verwendeten Gehölze und die Pflanzdichte zugrunde und leitet daraus - wie auch aus der fehlenden Konkurrenz durch Rhizome - einen höheren Wurzeldruck der Gehölze bei prEN 13948 ab.

Beide Verfahren können daher - was die Prüfung der Wurzelfestigkeit anbelangt - als gleichwertig angesehen werden, zumal die gleichen strengen Maßstäbe bei der Auswertung der Bahnen angelegt werden, um das Testat „wurzelfest“ zu vergeben.

Die beim FLL-Verfahren zusätzlich verwendete Quecke bringt mit ihren Rhizomen einen zweiten Bewertungsfaktor ein, was bei bestandener Prüfung zu dem ergänzenden Testat „rhizomfest gegen Quecke“ führt. Aufgrund dieser Erweiterung des Testprogramms ist das FLL-Verfahren als höherwertig einzustufen.

## **5 Zusammenfassung (s. Tab. 1)**

Das 1984 entworfene, mehrfach überarbeitete und dabei aktualisierte FLL-Verfahren legt beabsichtigt strenge Maßstäbe bei der Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Bahnen gegen Eindringungen und Durchdringungen von Wurzeln oder Rhizomen an.

Das als „anerkannte Regel der Technik“ angesehene Verfahren besitzt einen hohen Stellenwert bei Herstellern von Wurzelschutzbahnen wie auch bei Planern von Dachbegrünungen und ausführenden Betrieben.

Von den möglichen alternativen Prüfverfahren (EN 14416, LDA-Verfahren, prEN 13948) bietet lediglich prEN 13948 vergleichbare Voraussetzungen bezüglich der Prüfung von Bahnen auf Wurzelfestigkeit. Dieses Verfahren verzichtet aber aus kaum nachvollziehbaren Gründen auf rhizombildende Quecke als Testpflanze, weshalb die Auswirkungen der Sprossausläufer auf die Bahn nicht untersucht werden können. In diesem wesentlichen Punkt ist das FLL-Verfahren als höherwertig einzustufen.

**Tab. 1** Zusammenfassende Gegenüberstellung derzeit bekannter Prüfverfahren zur Bestimmung des Wurzel- bzw. Rhizomwiderstands von Materialien

	EN 14416	LDA-Verfahren	prEN 13948	FLL
Anwendungsbereich	Prüfung der Beständigkeit polymerer oder bituminöser geosynthetischer Dichtungsbahnen und geotextiler Ton-Dichtungsbahnen gegen Durchwurzelung (keine Prüfung von mehrlagigen Abdichtungssystemen)	Untersuchung der dauerhaften Durchwurzelungsfestigkeit von Dach- und Bauwerksabdichtungen (Prüfung von mehrlagigen Abdichtungssystemen möglich)	Bestimmung des Widerstandes gegen Durchwurzelung von Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen (keine Prüfung von mehrlagigen Abdichtungssystemen)	Bestimmung des Widerstandes gegen Ein- und Durchdringungen von Wurzeln und Rhizomen der verwendeten Testpflanzen bei Wurzelschutzbahnen, Dach- und Dichtungsbahnen sowie Beschichtungen im Flüssigauftrag für alle Ausbildungsformen der Dachbegrünung (keine Prüfung von mehrlagigen Abdichtungssystemen)
Dauer der Prüfung	6 Wochen (im Sommer), 8 Wochen (im Winter)	4 Jahre	2 Jahre	2 Jahre (Gewächshaus) oder 4 Jahre (Freilandbedingungen)
Umfang der Prüfung	3 Kleinstgefäße (Tonblumentöpfe, Höhe ca. 22 cm) mit der zu prüfenden Bahn und 1 Kontrollgefäß mit Bitumen	3 Großgefäße (150 x 95 x 50 cm) mit der zu prüfenden Bahn und 1 Kontrollgefäß mit Bitumen	6 Großgefäße (80 x 80 x 25 cm) mit der zu prüfenden Bahn und 2 Kontrollgefäße ohne Bahn	8 Großgefäße (80 x 80 x 25 cm) mit der zu prüfenden Bahn und 3 Kontrollgefäße ohne Bahn
Verarbeitung der zu prüfenden Bahn	Pro Gefäß 1 kleines Teilstück ohne Nähte	Pro Gefäß werden 5 große Teilstücke der zu prüfenden Bahn benötigt, die am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung in die Gefäße eingebaut und verbunden werden. Hierbei sind pro Gefäß neben Längsnähten auch 4 Wand-Ecknähte, 2 Boden-Ecknähte und 2 T-Nahtstellen auszuführen.		
Testpflanzenarten und Pflanzendichte/ Gefäß	30-40 Samen der Weißen Lupine ( <i>Lupinus albus</i> )	4 Grau-Erlen ( <i>Alnus incana</i> ), 4 Zitter-Pappeln ( <i>Populus tremula</i> ), 20 Quecken-Sämlinge ( <i>Agropyron repens</i> )	5 Feuerdorn ( <i>Pyracantha coccinea</i> 'Orange Charmer')	2-Jahres-Test: 4 Feuerdorn ( <i>Pyracantha coccinea</i> 'Orange Charmer'), 2 g Quecken-Saatgut ( <i>Agropyron repens</i> ) 4-Jahres-Test: statt Feuerdorn 4 Grau-Erlen ( <i>Alnus incana</i> )
Bewertungskriterien	Ein- und durchgedrungene Wurzeln, Pflanzenentwicklung	Durchgedrungene Wurzeln, Pflanzenentwicklung	Ein- und durchgedrungene Wurzeln, Pflanzenentwicklung	Ein- und durchgedrungene Wurzeln und Rhizome, Pflanzenentwicklung

Martin Jauch, Peter Fischer  
Institut für Gartenbau, Forschungsanstalt für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan  
Am Staudengarten 14  
D- 85354 Freising, Deutschland  
martin.jauch@fh-weihenstephan.de

## **Session 4B: Visions of green and healthy cities**

### ***Visionen für eine grüne gesunde Stadt***

# Estimates of air pollution with green plants and green roofs using the UFORE model

**Beth Anne Currie, Urban Space, Toronto, Canada**

**Brad Bass, Environment Canada, Adaptation and Impacts Research Group, Toronto, Canada**

## Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of green roofs on air pollution in urban Toronto. The researchers looked for synergistic effects on air pollution mitigation by manipulating quantities and species of trees, shrubs and green roofs in the study area. The effects of these manipulations were simulated with the Urban Forest Effects (UFORE) model developed by the USDA Forest Service Northeastern Regional Station. Originally UFORE was developed to help forestry managers and researchers quantify urban forest structure based on standard field, meteorological and pollution data. While UFORE contains several modules, Module – D quantifies the levels of air pollution for contaminants such as NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> and ozone as well as hourly pollution removal rates and the economic value of pollutant removal. Six vegetation scenarios were developed within the Toronto study area to compare different subsets of vegetation and their effect on air contaminants. Results of the study indicate that grass on roofs (green roofs) could play a significant role in air pollution mitigation. By extension, a 10-20% increase in the surface area for green roofs on downtown buildings would contribute significantly to the social, financial and environmental health of all citizens.

## Abschätzungen der Bindung von Luftschadstoffen durch Grünpflanzen und durch begrünte Dächer unter Verwendung des UFORE-Modells

Schätzungen der Luftverschmutzungsverminderung durch Pflanzen und begrünte Dächer mit dem UFORE Modell. Im Zentrum dieser Untersuchung lag die Wirkung von begrünten Dächern auf die Luftverschmutzung in der Innenstadt Torontos. Die ForscherInnen untersuchten eine bestimmte Anzahl und Arten von Bäumen, Sträucher und begrünten Dächern und erfassten synergistische Wirkungen durch die Luftverschmutzung. Die Wirkung dieser Behandlung wurde mit dem UFORE (Urban Forest Effects) Modell simuliert, einer Entwicklung des USDA Forest Service, Northeastern Regional Station. Ursprünglich wurde UFORE entwickelt, um ForstingenieurInnen und ForscherInnen zu helfen, urbane Waldstrukturen zu quantifizieren, basierend auf standardisierten Feld-, Meteorologie- und Verschmutzungsdaten. UFORE besteht aus mehreren Modulen. Das Module-D misst den Luftverschmutzungsgrad an Schadstoffen wie NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> und Ozon, sowie stündlich Verschmutzungs-Beseitigungsraten und der ökonomische Wert solcher Beseitigung. Sechs Vegetationsszenarien wurden innerhalb des Untersuchungsorts entwickelt, um verschiedene Vegetationsteilmengen zu vergleichen und deren Wirkung auf Luftschadstoffe. Ergebnisse der Studie haben gezeigt, dass Grasdächer eine erhebliche Rolle in der Reduktion der Luftverschmutzung spielen könnten. Zudem würde eine Zunahme von 10-20% an begrünten Dächern auf Gebäuden der Innenstadt, einen erheblichen Beitrag an die soziale -, finanzielle - und umweltbezogene Gesundheit aller EinwohnerInnen bringen.

## 1 Introduction

It is well known that trees, shrubs and other natural vegetation in urban areas affect air contaminant levels, and by extension, air quality and the overall experience of health and well-being of humans living in urban areas (1,6,13,14). Quantifying the contribution made by green plants and green roofs on air contaminant levels within an urban neighbourhood however, is a relatively new application within the emerging discipline of green roof study. In general, green plants affect air pollutants by taking up gaseous pollutants primarily through leaf stomata. Once inside the plant, these gases react with water to form acids and other chemicals. Green plants can also intercept particulate matter as wind currents blow them into contact with sticky plant surfaces. Some of these particulates can be absorbed into the plant while others simply adhere to the surface. Vegetation can be a temporary site for particulates as they can be re-suspended into the atmosphere by winds or washed off by rain water to the soil beneath.

A geographic study area known as Midtown was selected within the Greater City of Toronto. Midtown is constituted by parts of Ward, 22 (St. Pauls), Ward 27 (Toronto central-Rosedale) and Ward 20 (Trinity Spadina) and bounded by Spadina Avenue in the west, Bloor Street in the south, Eglinton Avenue in the north and the Don Valley ravine, Bayview Avenue, Moore Street, Frobisher Street and Chaplin Street in the east. Urban forest health in this neighbourhood had

been previously investigated by Kenney (6), in a study which quantified the environmental role of Toronto's urban forest in the Greater City of Toronto. Kenney's study provided criteria data from 72 randomly selected on-the-ground study plots within the Midtown neighbourhood. Criteria data were adapted from these plot data that had been collected in accordance with the requirements of the UFORE (Urban Forest Effects) Model field collection tool (14). This model formed the basis for the investigation of the effect of vegetation, particularly green roofs, on air pollution in an urban setting.

Each plot was circular with a radius of 11.287 meters and provided a total surface area of 400 m<sup>2</sup> or 0.04 hectares per plot. The total area of the Midtown neighbourhood was approximately 1,216 ha within the City of Toronto. Plots were selected from land-use types by randomly selecting points from a 50m x 50 m grid, overlaid on a GIS-based map of Midtown (Map Library, University of Toronto), using ArcView GIS 3.1 (ESRI, 1999). Colour orthophotos of the area were analyzed using Arc View GIS 3.1 to calculate plot details as required. Each orthophoto was examined separately at a scale of approximately 1:5000. Within each plot, a forest surveyor's transit was utilized to determine the co-ordinates of each feature within the plot relative to a GPS-established plot center (6). Using this method, the UTM (Universal Transverse Mercator) co-ordinates of each plot center were known by the study team.

A method for plot classification within Midtown was developed by Nowak and Crane (14) at the United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service. Midtown was stratified into eight land-use classes: low, medium and high residential; commercial; industrial; institutional; unclassified, and open areas, including parks, ravines, cemeteries, transportation corridors and golf courses. These categories were derived from GIS data obtained from CanMap ® Streetfiles V2.0 from DMTI Spatial 2000 (6).

## **2 UFORE COMPUTER MODEL**

The UFORE model provided a field collection tool to guide researchers in the collection and measurement of plot features such as buildings, amount of cement, tar, impervious material, soil, rock, duff/mulch, herbaceous, grass, wild grass, water, shrubs and other ground cover (6). Other plot features were recorded as point items including: trees, shrubs, telephone poles, light standards, traffic signs, sewer grates, fire hydrants and other above ground point utilities; or as polygons with each vertex recorded: shrub beds, grass, wild grass, soil, duff/mulch, herbaceous (excluding grass and shrubs), water, buildings, asphalt, cement, rock, wood and other impervious material.

On each of the 72 plots, the following additional information was recorded:

- Land use
- Plot tree cover (%)
- Ground cover (%)
- Building information (wall material, roof material, building height in meters)
- Shrub information (species, height (meters), percent missing, and percent of coverage of the plot)
- Tree information including species, diameter at breast height (dbh) taken at 1.37 meters, total height, bole height – height to base of live crown, crown width, missing crown, health of tree and distance to buildings (6).

The UFORE computer model used these measured field data inputs as well as local hourly meteorological data and air pollutant concentration measurements (collected from Environment Canada, 1998) to quantify Midtown neighbourhood - specific vegetation effects on urban air pollutant concentrations. There were several UFORE modules currently available to facilitate research including:

UFORE- A: Anatomy of the Urban Forest – quantifies urban forest structure (species composition, density, tree health, leaf area, leaf and tree biomass).

UFORE-B: Biogenic Volatile Organic Compound (VOC) emissions – quantifies hourly urban forest VOC emissions (isoprene, monoterpenes and other VOC emissions that contribute to ozone formation) and ozone and CO formation based on VOC emission.

UFORE-C: Carbon Storage and Sequestration – calculates total carbon (C) storage potential and gross and net C sequestered annual by the urban forest based on field data.

UFORE – D: Dry Deposition of Air Pollution – quantifies the hourly amount of pollution removed by the urban vegetation and the associated per cent improvement in air quality through out a year. Pollution removal is calculated for  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  and  $PM_{10}$  (13,14,6).

## 2.1 UFORE – D

UFORE-D calculates the level of dry deposition of air pollution, (that is, the amount of pollution removed during non-precipitation periods) on urban vegetation. The module also estimates the hourly dry deposition of  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  and  $PM_{10}$  on urban vegetation throughout a year. UFORE calculations are based on vegetation cover data, hourly weather data and pollution concentration data. This hourly weather and pollution data was collected and collated from three Environment Canada weather sites: Toronto's Pearson International Airport; Buttonville Airport, Richmond Hill: and, Toronto Island Airport down town Toronto. The researchers chose one year of hourly pollution data from Environment Canada due to the logistics of converting hourly data to a UFORE compatible format.

## 2.2 Calculations in UFORE-D

In UFORE-D, the pollutant flux ( $F$ ; in  $g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) is calculated as the product of deposition velocity ( $V_d$ ; in  $m \cdot s^{-1}$ ) and the pollutant concentration ( $C$ ; in  $g \cdot m^{-3}$ ):

$$F = V_d \cdot C$$

Deposition velocity is calculated as the inverse of the sum of the aerodynamic resistances ( $R_a, R_s, R_o$ ):

Hourly meteorological data were used in estimating  $R_a$  and  $R_s$ . The aerodynamic resistance is calculated as (7):

$$R_a = \frac{1}{u(z) \cdot k}$$

Where  $u(z)$  is the mean wind speed at height  $z$  ( $m \cdot s^{-1}$ ) and  $u$  is the friction velocity ( $m \cdot s^{-1}$ ).

$$u^* = \frac{k \cdot u(z-d)}{\ln \left( \frac{z-d}{z_0} \right) - \phi M \left( \frac{z-d}{L} \right) + \phi M \left( \frac{z_0}{L} \right)}$$

where  $k$  = von Karman constant,  $d$  = displacement height (m),  $z_0$  = roughness length (m),  $\phi M$  = stability function for momentum, and  $L$  = Monin-Obuhkov stability length.  $L$  was estimated by classifying hourly local meteorological data into stability classes using Turner classes and then estimating  $1/L$  as a function of stability class and  $z_0$  (23).

When  $L < 0$  (unstable)

$$\phi M = 2 \ln [0.5 (1+X)] + \ln [0.5 (1+X)] - 2 \tan^{-1}(X) + 0.5 \phi$$

where  $X = (1 - 28 z/L)^{-1/4}$ . When  $L > 0$  (stable conditions):

$$u^* = CDN \cdot u \left\{ 0.5 + 0.5 \left[ 1 - (2u / (CDN \cdot u^*)) \right] \right\}$$

where  $CDN = k (\ln(z/z_0))^{-1}$ ;  $u^* = (4.7 z g / \rho^* T)$ ;  $g = 9.81 m \cdot s^{-2}$ ;  $\rho^* = 0.09 (1 - 0.5 N)$ ;  $T$  = air temperature (Ko); and  $N$  = fraction of opaque cloud cover (17,18,19);

Under stable conditions,  $u^*$  was calculated by scaling actual windspeed with a calculated minimum windspeed based on methods given in EPA (1995) (18).

The quasi-laminar boundary-layer resistance was estimated as (15):

$$R_b = 2 (Sc)^{-1/3} (Pr)^{-1/3} (k \cdot u^*)^{-1}$$

where  $k$  = von Karman constant,  $Sc$  = Schmidt number, and  $Pr$  is the Prandtl number. In-leaf, hourly tree canopy resistances for  $O_3$ ,  $SO_2$ , and  $NO_2$  were calculated based on a modified hybrid of big-leaf and multilayer canopy

deposition models (1). Canopy resistance ( $R$ ) has three components: stomatal resistance ( $r_s$ ), mesophyll resistance ( $r_m$ ), and cuticular resistance ( $r_c$ ), such that:

$$1/R = 1/(r_s + r_m) + 1/r_c$$

Mesophyll resistance was set to zero  $\text{s m}^{-1}$  for  $\text{SO}_2$  (20) and  $10 \text{ s m}^{-1}$  for  $\text{O}_3$  (5). Mesophyll resistance was set to  $100 \text{ s m}^{-1}$  for  $\text{NO}_2$  to account for the difference between transport of water and  $\text{NO}_2$  in the leaf interior, and to bring the computed deposition velocities in the range typically exhibited for  $\text{NO}_2$  (8). Base cuticular resistances were set at  $8,000 \text{ s m}^{-1}$  for  $\text{SO}_2$ ,  $10,000 \text{ s m}^{-1}$  for  $\text{O}_3$ , and  $20,000 \text{ s m}^{-1}$  for  $\text{NO}_2$  to account for the typical variation in  $r_c$  exhibited among the pollutants (8).

Hourly inputs to calculate canopy resistance are photosynthetic active radiation (PAR;  $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), air temperature ( $T$ ), windspeed ( $u$   $\text{m s}^{-1}$ ),  $u^*$  ( $\text{s m}^{-1}$ ),  $\text{CO}_2$  concentration (set to 360 ppm), and absolute humidity ( $\text{kg m}^{-3}$ ). Air temperature, windspeed,  $u^*$ , and absolute humidity are measured directly or calculated from measured hourly meteorological data. Total solar radiation is calculated based on the METSTAT model with inputs from the meteorological data set (9). PAR is calculated as 46 percent of total solar radiation input (10,11).

As  $\text{CO}_2$  and removal of particulate matter by vegetation are not directly related to transpiration,  $R$  for  $\text{CO}_2$  was set to a constant for in-leaf season ( $50,000 \text{ s m}^{-1}$ ) and leaf-off season ( $1,000,000 \text{ s m}^{-1}$ ) based on data from (2). For particles, the median deposition velocity from the literature (8) was  $0.0128 \text{ m s}^{-1}$  for the in-leaf season. Base particle  $V_d$  was set to  $0.064$  based on a LAI of 6 and a 50-percent re-suspension rate of particles back to the atmosphere (24). The base  $V_d$  is adjusted according to actual LAI and in-leaf versus leaf-off season parameters.

### 3 Pollution Deposition

Particle collection and gaseous deposition on deciduous trees in winter assumed a surface-area index for bark of 1.7 ( $\text{m}^2$  of bark per  $\text{m}^2$  of ground surface covered by the tree crown) (21). To limit deposition estimates to periods of dry deposition, deposition velocities were set to zero during periods of precipitation.

Hourly pollution concentrations (ppm) for gaseous pollutants in Toronto were obtained from the Ministry of the Environment (6 monitors at 3 sites). Hourly ppm values were converted to  $\mu\text{g m}^{-3}$  based on measured atmospheric temperature and pressure. Average daily concentrations of particulate matter, specifically  $\text{PM}_{10}$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) also were obtained from the Ministry of the Environment (6 monitors). Missing hourly meteorological or pollution-concentration data were estimated using the monthly average for that specific hour. In several locations, an entire month of pollution-concentration data was missing and was estimated based on interpolations from existing data. For example,  $\text{O}_3$  concentrations were not measured during winter months and existing  $\text{O}_3$  concentration data were extrapolated to missing months based on an average Canadian  $\text{O}_3$  concentration monthly pattern.

Average hourly pollutant flux ( $\text{g m}^{-2}$  of canopy coverage) among the pollutant monitor sites was multiplied by Midtown's grass coverage ( $\text{m}^2$ ) to estimate total hourly pollutant removal across Midtown. Bounds of total removal of  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , and  $\text{PM}_{10}$  were estimated using the typical range of published tree and shrub in-leaf dry deposition velocities (8).

To approximate boundary-layer heights in the study area, mixing-height measurements were used. Daily morning and afternoon mixing heights were interpolated to produce hourly values using the EPA's PCRAMMIT program (17). Minimum boundary-layer heights were set to 150 m during the night and 250 m during the day based on estimated minimum boundary layer heights in cities. Heights of buildings with green roofs in Midtown Toronto were estimated to be around two stories – or 15 meters in height – a similar height to many trees in the Midtown study area. Hourly mixing heights (m) were used in conjunction with pollution concentrations ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) to calculate the amount of pollution within the mixing layer ( $\mu\text{g m}^{-2}$ ). This extrapolation from ground-layer concentration to total pollution within the boundary layer assumes a well-mixed boundary layer, which is common in daytime (unstable conditions) (3). The amount of pollution in the air was contrasted with the amount removed by the vegetation on an hourly basis to calculate the relative effect of vegetation in reducing local pollution concentrations as shown by:

$$E = R / (R + A)$$

where E = relative reduction effect (%); R = amount removed by vegetation (kg); A = amount of pollution in the atmosphere (kg).

The ability of individual vegetation (trees, shrubs and grass) to remove pollutants was estimated for each diameter class using the formula (14):

$$I_x = R \cdot (LA_x / LA) / N_x$$

where  $I_x$  = pollution removal by individual units eg. trees in diameter class  $x$  (kg/tree);  $R$  = total pollution removed for all diameter classes (kg);  $LA_x$  = total leaf area in diameter class  $x$  (m<sup>2</sup>);  $LA$  = total leaf area of all diameter classes (m<sup>2</sup>); and  $N_x$  = number of trees in diameter class  $x$ . This formula yields an estimate of pollution removal by individual trees, shrubs and grass based on leaf surface area (the major surface for pollutant removal).

### 3.1 Limitations

For the grass roofs scenario, the  $V_r$  was adjusted based on a predicted LAI of 3 for grasses (14). The model is programmed for individual species of tree and shrub LAI data as well as the predicted percent tree and shrub leaf areas calculated from UFORE-A data. Local leaf-on and leaf-off dates are given to the model so that deciduous-tree transpiration and related pollution deposition are limited to the in-leaf period; seasonal variation in removal can be illustrated for each pollutant. As the main interest in this study was a grass only scenario, UFORE was set to a local leaf-on deciduous tree-transpiration rate for the Canadian in-leaf period. The leaf-on and leaf-off dates were adjusted to represent Canadian deciduous-tree transpiration and related pollution deposition in the in-leaf period. This represents the main experimental portion of the study, and hence a limitation. The UFORE model is biased toward scientific default values for all tree and shrub species values that are available in the model.

A second limitation is the dollar values associated with the removal of pollutants over the year. The monetary values are based on American externality values that have been derived from the work done by Murray (12) in New York State's energy department. These values incorporate the perceived cost to society of pollution emissions based on predicted air pollution consequences to health and the environment. Although the relative dollar values are applicable to other regions, the exact values, even using Murray's assumptions, would most likely differ between countries with different government priorities for funding health care. There are other limitations with UFORE's ability to predict reduced building energy demand from green roofs. These limitations reduce the scope of UFORE in assessing the overall benefits of green roofs, however a fuller discussion is beyond the scope of this paper.

### 3.2 Scenario Development

The researchers created 7 scenarios that represented simulations of natural vegetation levels within the Midtown Toronto study area. These varying amounts of natural vegetation were created by manipulating the number of trees, shrubs and grass species within the 72 study plots in Midtown. UFORE-D was used to quantify the impact of varying urban vegetation on air pollutant levels. Air pollutant levels affected by vegetation that can be simulated by UFORE-D include: carbon dioxide, sulphur dioxide, nitrous oxide, ozone, and carbon monoxide as well as particulate levels for example, dust and lead.

#### Scenario 1:

**BASELINE:** this scenario was based on the reductions in pollutants provided by existing trees and shrubs in Midtown (6).

#### Scenario 2:

**Green Walls:** this scenario examined the effect on air pollutant reductions in Midtown when existing trees and shrubs were removed and vertical "hedges" or walls of Juniper species were added within 3 meters of residential (medium and low) houses.

#### Scenario 3:

---

Walls of Juniper trees were chosen to represent a green wall as UFORE is able to estimate the impacts of this green wall on energy consumption, which was utilized in a parallel study. Although vines can be selected for green walls, UFORE does not simulate the impacts of vines on energy consumption. Vines would not have a significantly different impact on air quality as their LAI is similar to that of the Juniper species selected for the green walls.

**No Big Trees:** this scenario examined the effect on air pollutant reductions in Midtown when all big trees with a diameter-at-breast-height > 22cm were removed.

**Scenario 4:**

**NO Trees:** this scenario examined the effect on air pollutant reduction in Midtown when all trees are removed and 20% of the roof areas are replaced with juniper—an evergreen shrub species.

**Scenario 5:**

**Trees off Buildings:** this scenario examined the effect on air pollutant reduction in Midtown when trees that provided shade to buildings (within 3-5 meters) were removed.

**Scenario 6:**

**Trees Low Residential:** this scenario examined the effect on air pollutant reductions in Midtown when baseline trees and shrubs were augmented with grass on flat roof surfaces (represented 20% of Midtown roofs in total) such as commercial, high residential and institutional buildings. The surface area for grass roofs was derived by adding the total eligible roof surface areas of buildings that would typically qualify for an extensive green roof. Hence the accumulated flat roof surface areas from commercial, institutional, and high residential buildings located on the 72 plots added up to be approximately 20% of the total surface area available in the Midtown study area.

**Scenario 7:**

**Grass Roofs:** this scenario examined the effect on air pollutant reduction in Midtown when existing baseline trees and shrubs were augmented with grass on all available roof surface areas across Midtown.

## **4 Results**

Results of the study are presented in figures 1-6 below. In figures 1-5, the outputs reflect the UFORE model's calculation of the amount of air contaminant mitigation provided by each of the 7 vegetation-based scenarios. The air contaminants measure by UFORE include: carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, ozone and particulate matter (diameters ~10 microns). In figure 6, the chart reflects an externalized amount of savings in USD predicted to be associated with these reductions in urban air contaminants. The vegetation groupings are described in more detail in the method section above.

As might be predicted, the UFORE model calculates that trees and shrubs remove air contaminants more effectively than other vegetation groupings. For example, when trees are compared with shrubs or grass, trees exceed shrubs and grass in their ability to reduce airborne contaminants in urban areas. These results would be anticipated based on the surface areas of stomata or functioning leaf units on trees that come in contact with gaseous contaminants and particulates. Despite the strong performance of trees and shrubs across all air contaminant groups, it is neither practical nor plausible to plant urban roofs with heavy, woody tree or shrub species. In many cases, grasses and other low herbaceous plants are a better choice for the structural loading capacity of a typical urban building in North America.

The UFORE model illustrated that when grassy species were added to a mixture of existing vegetation groupings, they make a significant contribution to air contaminant reductions. Grass was chosen as a proxy species for green roofs not only because it is a known quantity in many green roof seed mixtures but also because the UFORE model was able to predict leaf area index and evapotranspiration rates in its calculation of air contaminant values (Figures 1-5). Adding grass in scenarios 6 and 7 resulted in significant reductions across all five air contaminant levels as measured by module D of the UFORE model.

In figure 6, the chart illustrates the socially perceived external benefit of reducing air contaminants in US dollars. The results provide a monetized value for this reduction of gaseous air contamination as captured by trees, shrubs and grassy species on roofs. Air contaminant reductions of this proportion across a country like Canada would not only help achieve greenhouse gas reduction objectives (Kyoto protocol) but also provide a wider social, financial and human health benefit to the urban community.

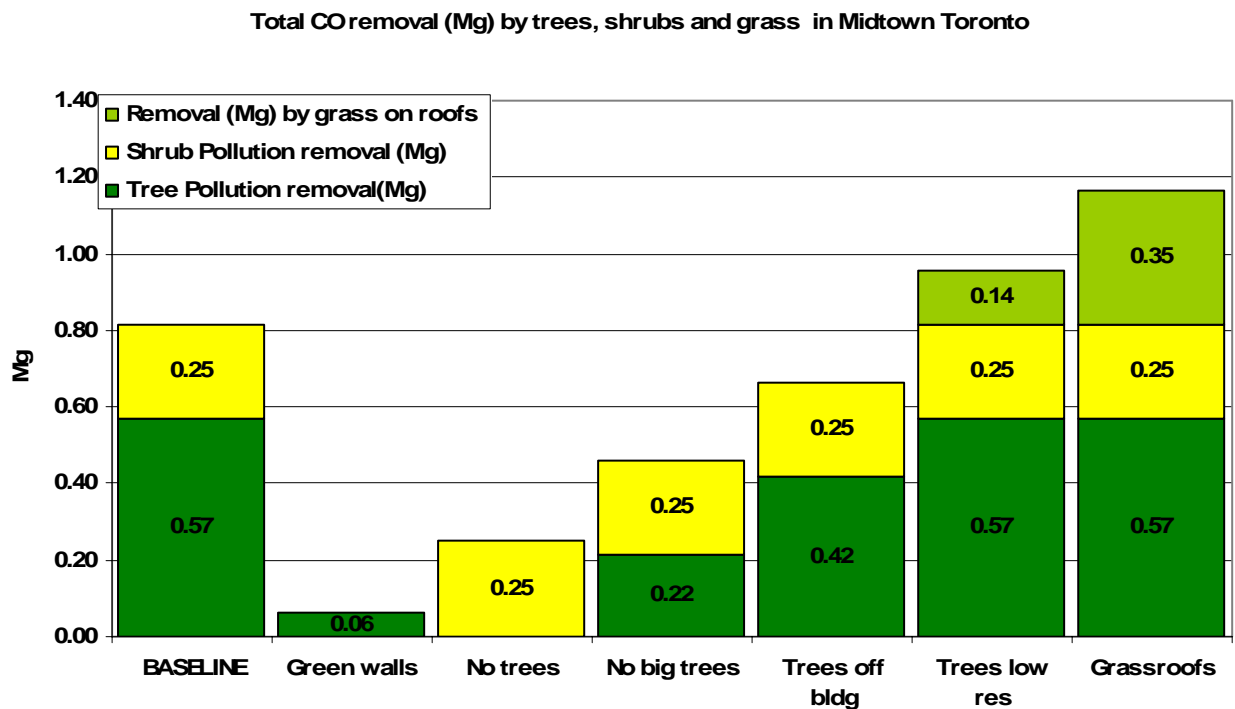


Figure 1 Total CO removal in Megagrams (Mg) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

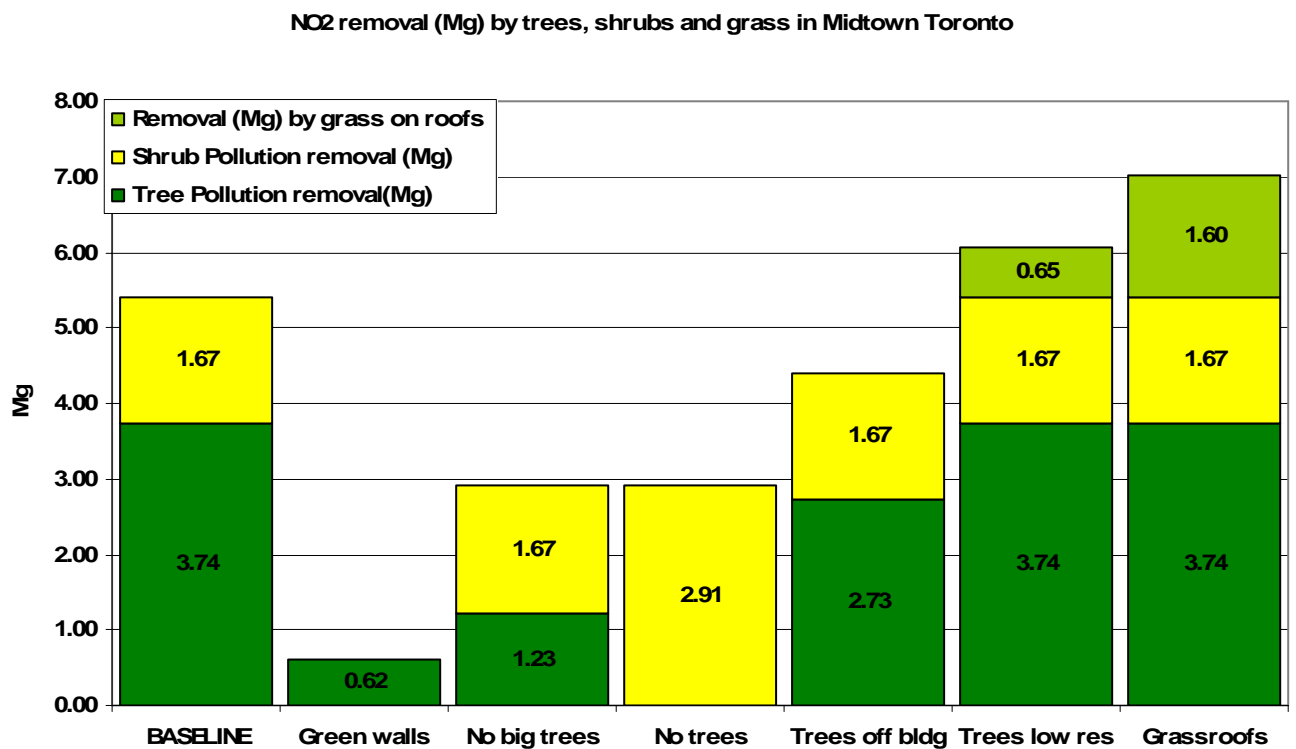


Figure 2 Total NO<sub>2</sub> removal in Megagrams (Mg) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

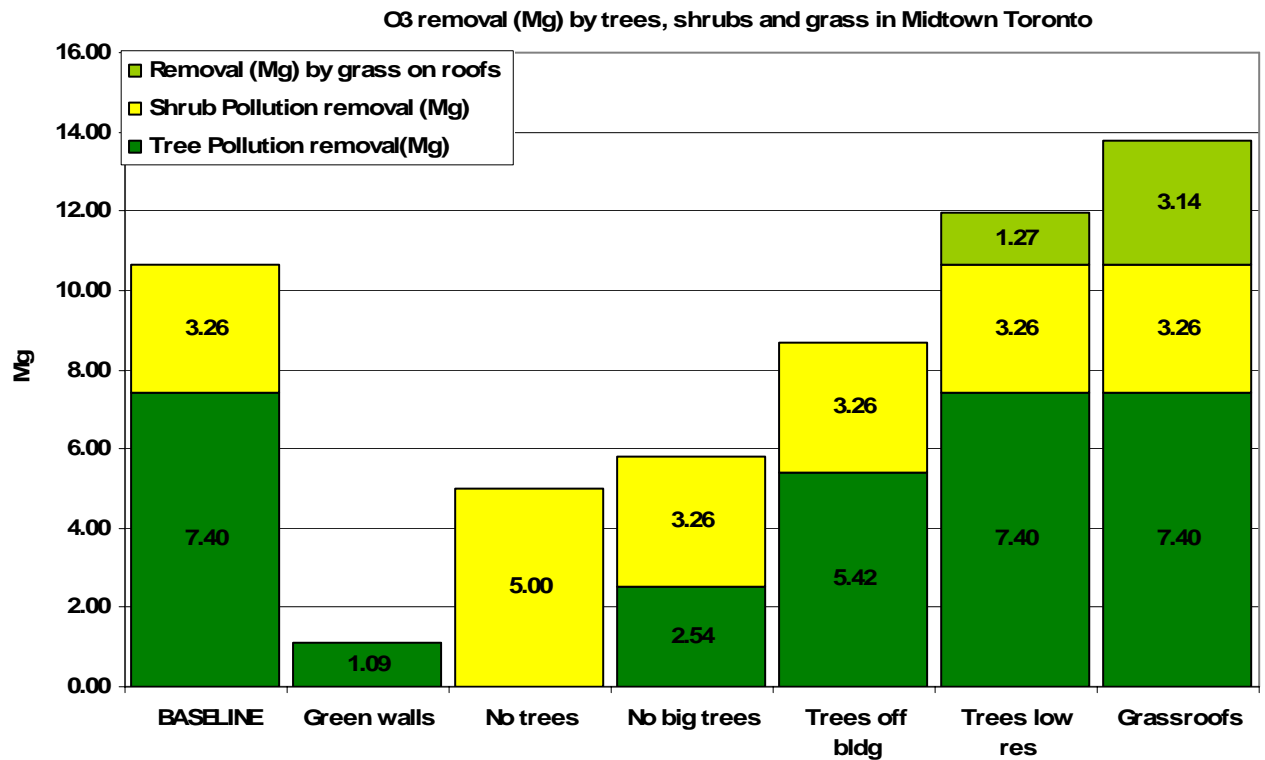


Figure 3 Total O<sub>3</sub> removal in Megagrams (Mg) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

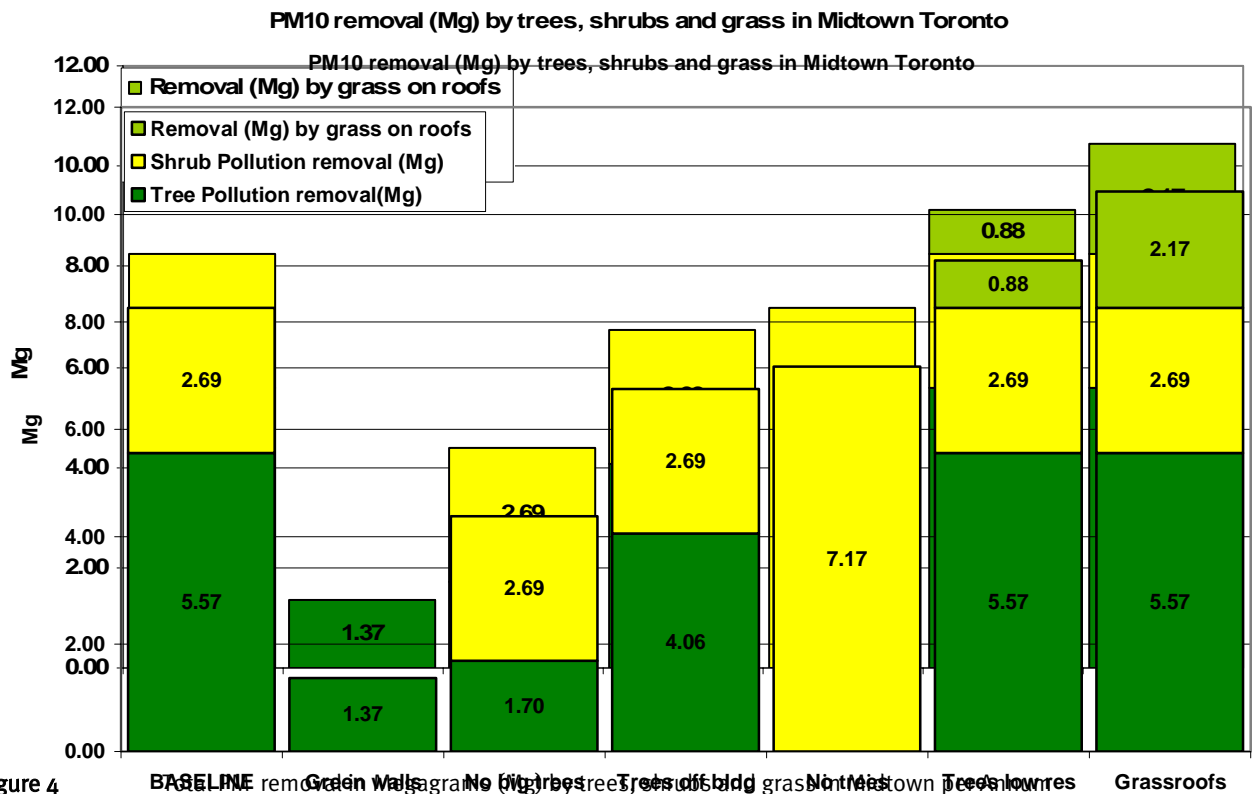


Figure 4 PM<sub>10</sub> removal in Megagrams (Mg) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

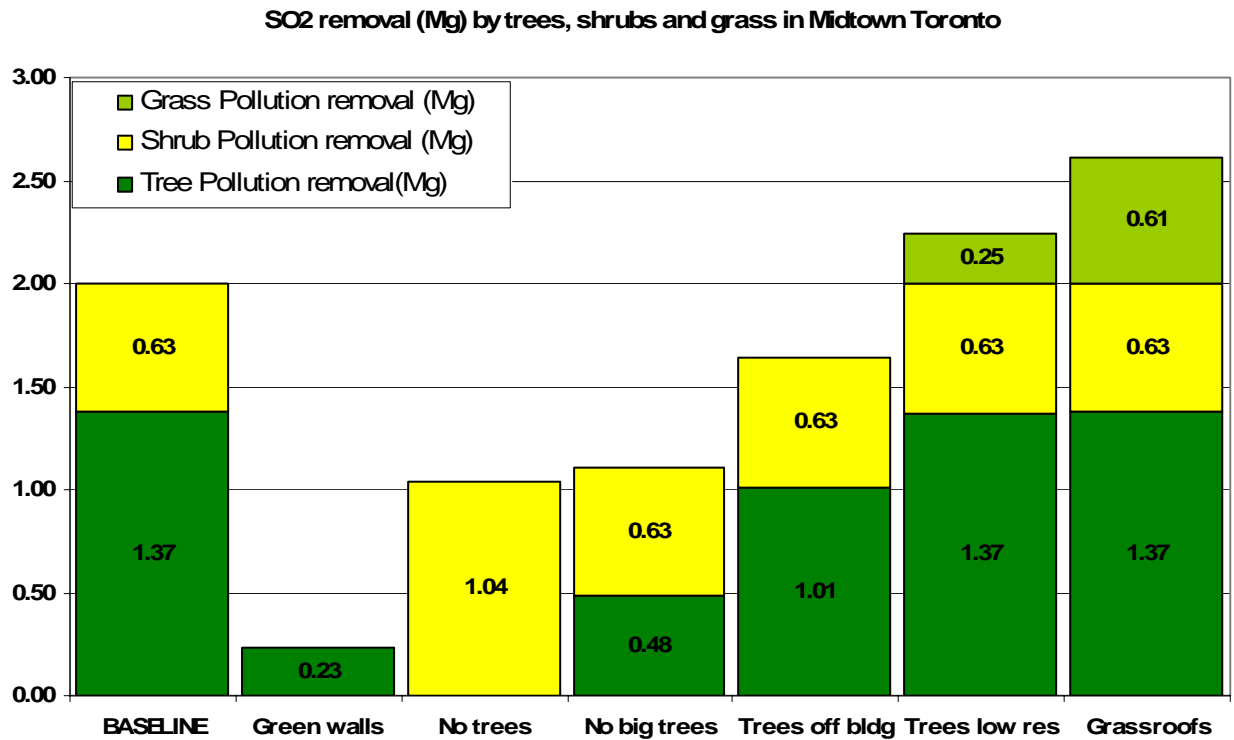


Figure 5 Total SO<sub>2</sub> removal in Megagrams (Mg) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

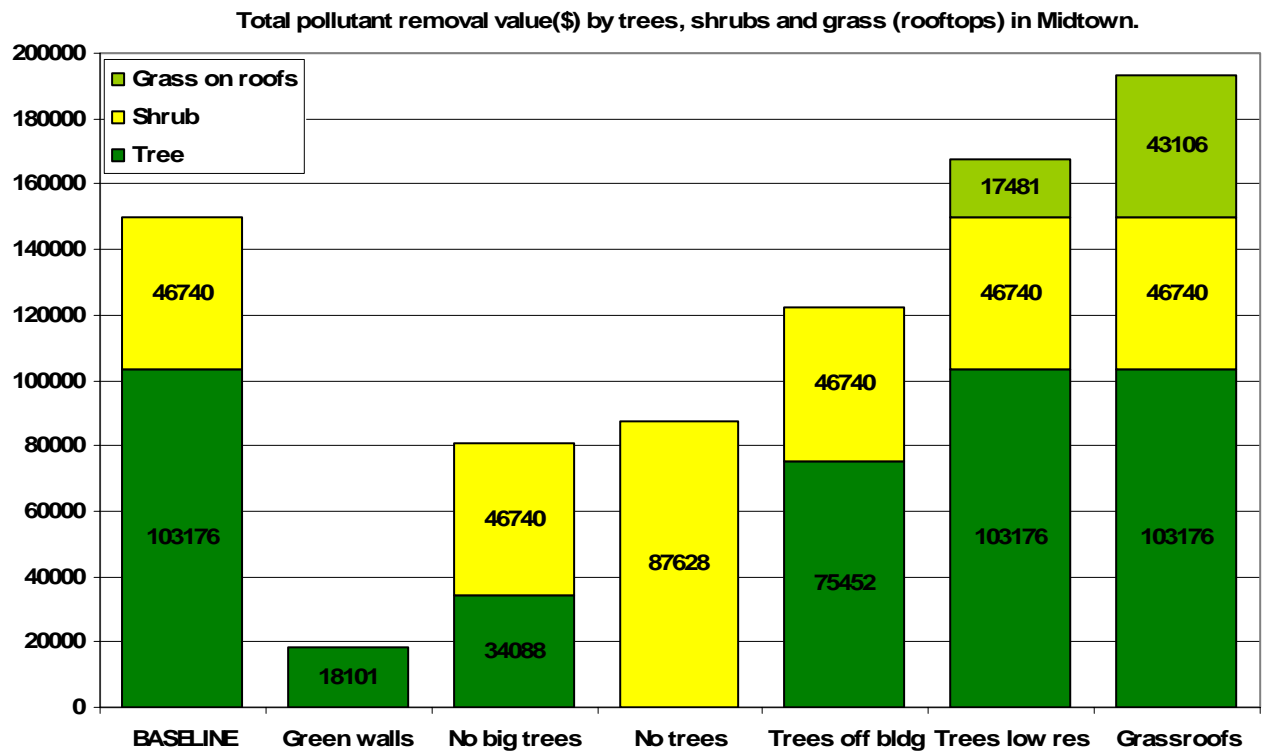


Figure 6 Total pollution removal value (USD) by trees, shrubs and grass in Midtown per Annum

## 5 Application of the Study

This study demonstrates that green roofs improve air quality and by extension the public health and quality of life in urban settings. Clearly trees have the largest impact on gaseous air contaminant removal; however shrubs and grass also made a significant contribution to air quality improvement. In the case of PM<sub>10</sub>, shrubs were shown to be superior to trees in their ability to capture particulates of this size. The results also demonstrate the degree to which green roofs and green walls could be used to support air quality improvement strategies in densely populated urban areas. Green roofs with public accessibility can supplement urban vegetation strategies that seek to increase access to public green space.

Information derived from these UFORE outputs could be applied to the development of policy across several levels of municipal, provincial and federal governments. As many jurisdictions begin to consider or implement policies that support compact development and reduce urban sprawl, it is clear that planning for the growth and use of trees and shrubs is essential to maintaining air quality. If a green roof policy were being designed to improve local air quality in urban areas, it would need to support the implementation of aggregations of green roofs in order to impact air quality. While one green roof alone on one building is better than no green roof, it will not be an effective air pollution mitigation strategy.

Similarly, air quality improvements such as reduced particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide are facilitated by vegetation during daylight hours and during the in-leaf season. Hence, the selection of coniferous or evergreen species that are in-leaf all year would be best to improve air pollution levels year round. A direct application from this study for the City of Toronto would be to recommend the use of coniferous plants such as junipers, or other evergreen herbaceous species, for green roofs in Toronto. Junipers, for example, would serve to reduce gaseous air contaminants and trap particulates with their sticky plant surfaces year round – when not covered with snow.

These results might also be useful to disciplines such as urban and regional planners, watershed managers, neighbourhood planners, parks and recreation departments, urban architecture designers as well as urban forest and landscape management practitioners. It is hoped that these results will provide rationale for ongoing research on the environmental benefits of green roofs as well as support the development of municipal policy for green roofs.

## 6 References

1. Baldocchi, D.D., Hicks, B.B. and Camara, P., (1987). A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment*. 21: 91-101.
2. Bidwell, R.G.S., and Fraser, D.E., (1972). Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves. *Canadian Journal of Botany*. 50: 1435-1439.
3. Colbeck, I., and Harrison, R.M., (1985). Dry deposition of ozone: some measurements of deposition velocity and of vertical profiles to 100 metres. *Atmospheric Environment*. 19(11): 1807-1818.
4. Dyer, A.J., and Bradley, C.F., (1982). An alternative analysis of flux gradient relationships. *Boundary-Layer Meteorology*. 22: 3-19.
5. Hosker, R.P., Jr., and Lindberg, S.E., (1982). Review: atmospheric deposition and plant assimilation of gases and particles. *Atmospheric Environment*. 16(5): 889-910.
6. Kenney, W.A., (2001). The Environmental role of Toronto's urban forest. University of Toronto, Department of Forestry, Toronto, Ontario.
7. Killus, J.P., Meyer, J.P., Durran, D.R., Anderson, G.E., Jerskey, T.N., Reynolds, S.D., and Ames, J., (1984). Continued research in mesoscale air pollution simulation modeling. Volume V: refinements in numerical analysis, transport, chemistry and pollutant removal. Publ. EPA/600/3-84/095. Research Triangle Park, NC: US Environmental Protection Agency.
8. Lovett, G.M. (1994). Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Applications*. 4: 629-650.
9. Maxwell, E.L. (1994). A meteorological/statistical solar radiation model. In: Proceedings of the 1994 annual conference of the American Solar Energy Society. San Jose, CA: American Solar Energy Society: 421-426.
10. Monteith, J.L., and Unsworth, M.H. (1990). Principles of environmental physics. New York: Edward Arnold, p. 291
11. Monteith, D.B. (1979). Whole tree weight tables for New York. AFRI Res. Rep. 40. Syracuse, NY: State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Applied Forestry Research Institute. 64 p.
12. Murray, F.J., Marsh, L., and Bradford, P.A., (1994). New York State energy plan, Vol II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.

13. Nowak, D., (1995). Trees, Pollute? A TREE explains it all. In Kollin, C., Barratt, M., eds, In: Proceedings of the national urban forestry conference. Washington, DC: American Forests: 28 – 30.
14. Nowak, D.J., McHale, P.J., Ibarra, M., Crane, D., Stevens, J.C., and Luley, C. ,(1998). Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. Air Pollution Modeling and Its Application XII, Ed, Sven-Erick Gryning and Nadine Chaumerliac, Plenum Press, New York.
15. Pederson, J.R., Massman, W.J., Mahrt, L., Delany, A., Oncley, S., den Hartog, G., Neumann, H.H., Mickle, R.E., Shaw, R.H., Paw U, K.T., Grantz, D.A., MacPherson, J.I., Desjardins, R., Schuepp, P.H., Pearson R., Jr., and Arcado, T.E., (1995). California ozone deposition experiment: methods, results, and opportunities. Atmospheric Environment. 29(21): 3115-3132.
16. Smith, F.W., Sampson, D.A., and Long, J.N., (1991). Comparison of leaf area index estimates from allometrics and measured light interception. Forest Science. 37(6): 1682-1688.
17. United States Environmental Protection Agency. 1995. PCRAMMIT users guide. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency. 53 p.
18. United States Environmental Protection Agency. 1996. National air quality and emissions trends report. 1995. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA 454/R-96-005.168 p.
19. Venkatram, A., (1980). Estimating the Monin-Obukhov length in the stable boundary layer for dispersion calculations. Boundary-Layer Meteorology. 19: 481-485.
20. Wesely, M.L., (1989). Parameterization for surface resistance to gaseous dry deposition in regional scale numerical models. Atmospheric Environment. 23: 1293-1304.
21. Whittaker, R.H. and Woodwell, G.M. ,(1967). Surface area relations of woody plants and forest communities. American Journal of Botany. 54: 931-939.
22. Wullschlegel, S.D., Gunderson, C.A., Hanson, P.J., Wilson, K.B., and Norby, R.J., (2002). Sensitivity of stomatal and canopy conductance to elevated CO<sub>2</sub> concentration – interacting variables and perspectives of scale. New Phytologist, 153: 485-496.
23. Zannetti, P., (1990). Air pollution modeling. New York: Van Nostrand Reinhold. 444 p.
24. Zinke, P.J., (1967). Forest interception studies in the United States. In: Sopper, W.E.; Lull, H.W., eds. Forest hydrology. Oxford, UK: Pergamon Press: 137-161.

Beth Anne Currie, MSc  
Urban Space  
401 Richmond St. W., Studio 111  
Toronto, ON. M5V 3A8 Canada  
[bethanne@urbanspace.org](mailto:bethanne@urbanspace.org)

Brad Bass, PhD  
Environment Canada, Adaptation and Impacts Research Group, Toronto  
[brad.bass@ec.gc.ca](mailto:brad.bass@ec.gc.ca)

# Homes for green roofs - a challenge for British housing

**Mathew Frith, Peabody Trust and livingroofs.org, UK**

## Abstract

There has been a dramatic change in the profile of green roofs in Britain since 2000. Green roofs are being proposed, designed, included in urban regeneration proposals, and approved almost as a matter of course. We are witnessing a sea change. The term is beginning to creep into development policy and guidance notes, and images of green roofs are now regularly appearing in urban regeneration proposals. Much of this activity has been focused on the commercial sector, and with a particular focus on inner urban areas. In respect of housing, however, interest in green roofs has been slower to pick up, partly against a background of multiple approaches to sustainability mainly centred on reducing energy consumption. More importantly, however, has been the dramatic rise in housing as a key political issue within Britain, through the Sustainable Communities programme. There is now wide recognition that a very large number of houses need to be built within a relatively short time period to prevent future housing crises developing. What role can green roofs, amongst a suite of sustainability tools, play in this? A number of social housing associations have already taken a lead. The Sustainable Homes initiative is stimulating and promoting good practice in a range of features that now include green roofs. New planning guidance will place greater emphasis on environmental sustainability, particularly in respect of the growing awareness of the impacts of climate change. Nevertheless, green roofs on ordinary houses are still extremely exceptional, not helped by a lack of incentives and guidance to assist developers, planners and house-owners. A plethora of regulations and standards, mixed with ignorance and deeply-held prejudice makes the installation of green roofs, especially on residential developments, remarkably difficult. The currently renewed momentum for green roofs includes those for housing partly stimulated by the recent developments such as the Diggers, Integer, and BedZED developments. The emergence of new businesses focussing on small-scale green roof initiatives, such as terrace gardens, garages and house extensions indicate the potential for market expansion in this area. With climate change rising up the agenda in the UK, suggests that the ability for green roofs to contribute towards reducing carbon emissions and ameliorating some of the impacts within our cities must be exploited as soon as possible.

## Begrünte Dächer – Eine Herausforderung für den britischen Wohnungsbau

Seit dem Jahre 2000 gab es drastische Veränderungen bei der Wahrnehmung und Akzeptanz von Dachbegrünung in Grossbritannien. Dachbegrünungen werden seither empfohlen, ausgeführt und in Planungen von Stadterneuerungskonzepten integriert. Eine grundlegende Veränderung konnte festgestellt werden. Der neue Begriff fing an in die Bebauungspolitik und Richtlinien einzufließen. Bilder von begrünten Dächern erscheinen jetzt regelmässig in Stadtentwicklungskonzepten. Ein grosser Teil der bisherigen Begrünungsaktivitäten fokussierte sich jedoch auf Gewerbe- und Industriebauten und weniger auf dicht bebaute Stadtquartiere. Beim traditionellen Wohnungsbau sind noch eher andere Forderungen bezüglich der Nachhaltigkeit wie Energieeinsparungen im Vordergrund, begrünte Dachflächen oft noch kein Thema. Politisch stark diskutiert war in den letzten Jahren mehr die dramatische Erhöhung der Bebauung und Verdichtung im Sustainable Communities Programm. Anerkannt ist, dass in nächster Zeit ein grosser Bedarf besteht kurzfristig Wohnraum zu schaffen um Bebauungskrisen zu vermeiden. Es stellt sich die Frage: welche Rolle Dachbegrünungen als eine von vielen Massnahmen zur Nachhaltigkeit spielen können. Viele Sozialwohnungsverbände haben bereits eine führende Rolle eingenommen: Die Sustainable Homes-Initiative unterstützt und fördert beispielhafte Musteranlage mit bauökologischen Ansätzen, in denen begrünte Dachflächen festgelegt sind. Die neuen Richtlinien und Konzepte richten sich vermehrt auf die Herausforderung aus, welche die Auswirkungen der globalen Klimaveränderungen mit sich bringen. Trotz allem sind Dachbegrünungen auf gewöhnlichen Häusern noch eher als ungewöhnlich zu bezeichnen. Ausbleibende Anreize durch Bauunternehmungen, Planer und Hauseigentümern lassen hier erst punktuelle Erfolge zu. Ein Übermass an Regulierungen und Normen, verbunden mit Unsicherheiten und Vorurteilen erschweren die Einrichtung von Dachbegrünungen auf Wohnbauten zusätzlich. Das gegenwärtige Hoch von Dachbegrünung ist sicherlich auch durch die Vorzeigeprojekte, wie zum Beispiel Diggers, Integer, und BedZED begünstigt worden. Die Entstehung neuer Betriebe, die sich in kleinem Umfang in das spezifische Know-how einarbeiten und Terrassegärten, Garagen, und Hauserweiterungsbauten begrünen weisen auf ein durchaus bedeutendes Potenzial hin für Markterweiterungen. Der fortschreitende Anstieg der Erderwärmung und deren wachsende Bedeutung in der politischen Agenda sollte hoffentlich dazu führen, dass die Einrichtung von Dachbegrünungen mit ihren stadtoökologischen Vorteilen und Fähigkeit Kohlenstoff zu binden möglichst bald und in grosser Zahl erfolgt.

## **1 Introduction**

The recent focus on green roof development in Britain has been largely aimed at the large-scale commercial sector, where economies of scale make green roofs initially more viable, and perhaps in terms of their performance, more worthwhile. However, smaller scale green roofs for housing and domestic uses have also witnessed a recent upswing, albeit to a lesser extent. This comes at a time of unprecedented acknowledgement of the need to address future housing needs, and Government's recognition of the need to bring in measures to stimulate development activity. In 2001, the number of new houses built in Britain was the lowest since 1946; for the 10 years up to 2002 it was 12.5% fewer than in the previous decade. To this effect the Government has initiated a programme entitled Sustainable Communities.

### **Sustainable Communities**

The Government's £22 billion Sustainable Communities programme, launched in February 2003, sets out a programme of action to address a range of fundamental infra-structural issues. It principally aims to tackle housing supply and help to meet the estimated 4.4 million new homes required by 2021. The programme includes major reforms in housing and planning policy, and a new approach to how and what we build.

The Plan consists of several key elements, but those affecting housing comprise:

- accelerating the provision of housing;
- accelerating growth in four 'growth areas' - Thames Gateway, London-Stansted-Cambridge corridor, Ashford, and Milton Keynes-South Midlands;
- ensuring that the construction industry has the right skills to deliver;
- providing resources for affordable housing over the next three years;
- providing resources to bring social housing up to a 'decent standard'; and
- tackling homelessness.

At present, in London and much of Britain, the mismatch between demand and supply is driving house prices and market rents to unprecedented levels, and it is not only the absolute poor who are now facing an increasingly acute housing challenge. Even housing essential workers for the running of our towns and cities – 'key workers' – has become an increasingly important political priority, especially now that earning the national average wage is not now enough to obtain a mortgage for a small dwelling in any major conurbation. The numbers of first-time buyers is falling dramatically as young people can no longer afford to leave the family home. We cannot be cautious about development.

Nevertheless, the creation of sustainable communities will depend on the provision and upkeep of high quality housing and social facilities, in well-maintained, safe, and healthy environments. Along with a number of other integrated plans and policies, Sustainable Communities aims to start addressing the sustainability of house design construction and management. However, there is a big fear from a number of sectors that the political need to deliver the numbers will require sacrifices on quality and sustainability. It is this against this background – a growing awareness of the need to address sustainability in building design and construction, and a desire to get houses up fast, coupled with the lack of skills within Britain – that the installation green roofs for housing needs to consider. The question is not whether the houses should be built, but how can they be built that minimises their ecological impact, and whether green roofs can make a significant contribution towards this.

Some recent housing developments suggest that they can (see below), but green roofs are appearing as just one of a fairly complex recipe of sustainability features to meet increasingly rigorous environmental impact criteria. These include recycled materials, photo-voltaic (PV) cells, passive ventilation systems, modular construction, low-energy systems, and water-recycling systems, etc. Although this is a useful vehicle for green roofs to be brought into the housing arena, there is a danger that the complexity can confuse developers and clients. Can green roofs hold their own, when there are no incentives and little guidance to assist their installation, unlike, for example, PV cells?

## **2 Policy: a vacuum to exploit?**

Policy generally follows innovative practice. It is perhaps, therefore, unsurprising that there are no specific planning or building policies to encourage the design and implementation of green roofs in Britain. National planning policy neither directly refers to green roofs, nor implicitly encompasses them in its many directives and objectives to deliver development. There are no government incentives or support for green roofs; this is a major barrier.

Nevertheless, neither are there any policies specifically directed against the design and installation of green roofs. The emerging emphasis on sustainable development is bringing about a revision of planning policies that bring the principles behind green roofs easier to further. In addition the Government's urban agenda, and its focus - on paper at least - on high-density, quality-designed development, with an increasingly environmental sensitivity makes green roofs more likely to make an important contribution towards meeting a number of these objectives. Although it will probably require specific advocacy to bring about direct policy changes to encourage green roofs, the planning policy climate is moving in a sympathetic direction. Emerging policy developments at a local and regional government level are likely to be the pre-cursors to positive changes at a national scale.

## **2.1 National Planning Policy Guidance**

Although there is no national guidance on green roofs for local authorities or house-builders to work to, there are a few tangential hooks on which to hang green roof proposals. The strongest of these, ironically, are found within PPG9 (*Nature Conservation*) and PPG17 (*Open space, Sport and Recreation*) although the most directly relevant guidance, PPG3 (*Housing*), has some useful references.<sup>·</sup> The continuing review and revision of planning policy guidance (to shorter statements, and more detailed accompanying guidance) is beginning to take stronger account of sustainable development principles, and that through consultation there are opportunities to advocate specific references to green roofs.

It would be expected that one of the key benefits of green roofs - reducing surface water run-off - would have been recognised in PPG25 (*Development and Flooding*), especially as the frequency of flooding has increased through the impacts of climate change, an issue the British Government appears to take seriously. However, the recent developments in sustainable urban drainage (SUDS) policy in Britain concentrates on terrestrial features (suitable for suburban or out-of-town locations), and the published guidance does not refer to them at all. It is only now that emerging reviews of SUDS guidance are beginning to recognise the potential role of green roofs.

## **2.2 Urban Policy**

The Government published *Our Towns and Cities* in 2000, the first Urban White Paper for over 20 years.<sup>·</sup> It has subsequently established a number of initiatives and targets to improve the quality of life within our towns and cities, and limit further damaging development in the countryside. This 'urban renaissance' places great emphasis on the development of previously-developed land ('brownfields'), of urban design quality, of an increase in skills, of deeper community capacity-building, and the creation of new legislation, guidance, and fiscal tools to aid delivery. Sustainable Communities is a core element of this urban renaissance. There is no reference to green roofs within the White Paper.

## **2.3 Local planning guidance**

However, planning legislation allows local authorities to prepare Supplementary Planning Guidance (SPG) on matters which they feel have relevance to development within their areas. With a noticeable shift from Government in respect of sustainability, a number of local authorities are preparing SPGs on sustainable building, to address issues such as thermal efficiency, energy & water use, construction materials, car-parking densities, drainage, etc. In London, Westminster City's Sustainable Building SPG (2003) makes specific reference to green roofs, and Lewisham Council's revised Unitary Development Plan (2002) contains a specific green roof policy. However, the British Council for Offices and Corporation of London's advice note on green roofs, published in 2003 is a landmark in its specific focus and has done much to stimulate interest.<sup>·</sup>

## **2.3 Building design and architecture**

The Commission for Architecture & the Built Environment [CABE] was established by Government (as an agency of the Department of Media, Culture & Sport) in 1999 to promote good design in new building. CABE's role is to serve as both a champion for good building design, and to act as an architectural watchdog, naming and shaming poor practice. It has called for a sea change in standards to reverse the architectural and planning disasters of the 1960s, '70s and '80s.<sup>·</sup>

---

<sup>·</sup> Replaced by PPS9 (*Biodiversity and Geological Conservation*) in August 2005, which gives less explicit hooks, but is to be accompanied by a best practice guide later in 2005.

CABE has subsequently produced much guidance, 'vetted' large scale development proposals for their architectural and design standards, and helped to raise the profile of these issues within the Government's urban renaissance agenda. Now partly funded by the Office of the Deputy Prime Minister [ODPM] to further this work (and champion green space issues with CABE Space), their role in helping to promote green roofs in urban regeneration will be crucial. However, as yet no guidance on green roofs has emerged from CABE, and it will require lobbying to take this forward, given that their agenda is largely set by Government.

#### **2.4 The role of new regional government; the London example**

The Greater London Authority (GLA) and a number of related bodies, including the London Development Agency, were set up by Act of Parliament in 1999. The Mayor of London, Ken Livingstone, who heads the GLA, has a number of unique duties and powers. He has subsequently published strategies for London on economic development, transport, biodiversity, energy, noise and other themes – which must be consistent with each other, and take account of the principles of health, equalities and sustainable development.

The Mayor is in a unique position to help mainstream green roofs, and has already begun to emphasise their potential benefits across a range of policy areas; particularly biodiversity, energy, open space and visual amenity. The GLA is the strategic planning authority for London; the London Plan (the Mayor's Spatial Development Plan) is the regional planning guidance to enact the planning-related policies of the Mayor's other strategies. It is a legal requirement that London borough Unitary Development Plans are in accordance with the policies in the London Plan, which states for example that '*Wherever appropriate, new development should include new or enhanced habitat, or design (e.g. green roofs) [their parentheses] and landscaping that promotes biodiversity, and provision for their management.*' The London Plan also places stronger conditions on development, that help mitigate its ecological impacts and help reduce London's eco-footprint.

The Mayor's Biodiversity and Energy Strategies contain specific policies that aim to encourage, support and drive the establishment of green roofs. The Energy Strategy, for example, states that the Mayor expects planning applications referable to him to incorporate passive solar design, natural ventilation, bore-hole cooling and vegetation on, and adjacent to, buildings wherever site conditions make them feasible. He also expects all 33 London boroughs to do likewise.

More explicitly, in conjunction with his Architecture & Urbanism Unit (AUU), the Mayor published his *Living Roofs* statement in September 2004, which covers both extensive green roof systems and roof gardens and terraces. This is, as yet, the most pronounced policy statement on green roofs by any planning authority within the UK. The AUU, led by Lord Richard Rogers, has a role to play in turning this policy into practice; how effective its implementation will be is yet to be tested.

It is recognised, however, that those who are expected to implement green roofs need more than a general policy framework. The London Development Agency – which is the Mayor's economic regeneration body - has recently published guidance and a tool-kit, and further advice is expected to emerge. The Mayor is producing SPG to the London Plan on sustainable design and construction, that will contain develop further the relevant policies in the various strategies, and will contain specific elements to encourage green roofs and other aspects of building with biodiversity. Green roofs are beginning to take root in the policies and guidance emerging, despite the lack of both central Government encouragement and a strong constituency to promote them.

### **3 Housing**

The scale of individual dwellings, ownership patterns, and the cultural attitudes driving housing design (the bungalow being the reputed favourite British residence), has meant that green roofs are not a feature of housing in the UK. We do not share the same climatic conditions of Scandinavia – where turfed roof housing is a tradition (as a means of insulation) that goes back thousands of years – nor do we particularly share the flat-roofed desires of central Europeans, which make the installation of green roofs easier. Our desire for pitch-roofed houses set in gardens has established a fairly rigid pattern of house design over the past 120 years that maybe difficult to budge. The exceptions, such as The Diggers self-build development in Brighton and other 'alternative' dwellings (mainly in rural areas), appear to prove the rule.

Nevertheless, a number of new housing developments have experimented with green roofs (and other green features such as PV cells), and this is being taken up by a few of the larger social housing providers, which have the benefit of being the long-term owner of such housing. The whole-life costing of housing is at present more attractive to those developers that will own the houses they build.

### **3.1 Moving towards sustainability**

A number of green roofed houses have been built in Britain over the past 40 years. Those until very recently have been largely self-built by architects who have a particular interest in ecological design principles, or those wishing to live a low-impact life, often in rural areas. Many arose through attempts from the mid-1960s of people wishing to escape orthodox urban lifestyles and seek alternative models, often developing self-build communes and co-operatives, such as those at Findhorn in Scotland. Since the 1980s an increasing technological complexity and a growing awareness within the planning sector has enabled the more tenacious individuals to build green roofed houses in urban areas.

An excellent example is Shaw's Cottage, in Forest Hill, south London, designed, built (1993) and occupied by John Broome, an architect. The roof was originally designed to provide a variety of substrates and aspects, with areas of gravel/soil mix on flat areas, and chalk rubble and garden soil on pitched sections. Part of it was turfed with regular lawn grass and part left to colonise naturally. The turfed areas support a dense tussocky grassland sward, while the gravelled parts were subsequently inoculated with *Sedums* to speed up the greening process. Another recent example is Matzdorf House in Islington, north London, designed by Architype and completed in 2000, which supports a gently curved sloping green roof.

There will always be opportunities for single green roofed developments such as these to take place, and although their radical designs help to stimulate ideas within the wider housing sector it needs to impetus from large housing organisations to mainstream green roofs. The 'green lobby' has had some limited results, but WWF's One Million Sustainable Homes campaign, launched in 2002, has started to have some beneficial impacts primarily as seeks to address Government, the industry and consumers. Evidence suggests that innovation and bold ventures towards sustainability will come primarily from the voluntary – or charitable – housing sector; housing associations and trusts.

### **3.2 Innovation from the social housing sector**

The role of the voluntary sector (including charitable and not-for-profit organisations) in developing our towns and cities, and especially ensuring that development benefits the poorer and disadvantaged groups in society, is increasingly recognised. Not only is this often the source of innovation, but at their best these organisations are now highly commercial and professional.

The voluntary housing sector in Britain has grown substantially since the 1940s, but is now expanding rapidly through legislative changes since the 1980s. Local authority housing estates are increasingly being transferred into ownership of housing associations and trusts (such as Peabody, Guinness, and Hyde) or free-standing tenant-based organisations (Arms Length Management Organisations – ALMOs). The larger associations, with property assets of billions of pounds, annual turnovers of over £100m, and the ability to raise capital on the market, now dwarf many of the private developers. To this they usually bring the added value of ethical responsibility to their stakeholders – their residents and staff.

The charitable concept of doing something for nothing for the community without expecting a return is far more marked in British society than in many others. To many working in the voluntary and public sectors believe that they have the potential to make the urban renaissance genuinely inclusive and sustainable. However, Government is preoccupied with not only an over-reliance on the private sector, but also meeting easy-to-measure targets through a battery of over 1000 key performance indicators and regulations. The quality of service and quality of product, however, are much less easy to both define and measure. This growing focus on regulation and inspection is not conducive to creating a climate of innovation, with its inevitable emphasis on creativity, risk-taking, and working 'outside the box'. The recent Barker Review of housing supply will likely lead to a further range of short-cut measures to getting the numbers delivered.

### **3.3 Sustainable Homes**

Within the mainstream, the Housing Corporation (the Government's agency regulating housing associations) has recently shown leadership in following up the Government's Construction Task Force's report and promoting

innovation in the sector.- The Housing Corporation has published a Sustainability Strategy and established an Innovation & Good Practice grant fund. Importantly this has funded the Sustainable Homes project, which promotes awareness of sustainable development issues for housing associations. It has developed the EcoHomes rating for environmental performance, which forms part of the Building Research Establishment (BRE) suite of environmental assessment tools.-

Sustainable Homes (SH) has published a Guide to EcoHomes, and further work into environmentally friendly housing during construction and occupation is to be carried out. A number of the Sustainable Homes case studies feature green roofs, including Peabody Trust's innovative BedZED. The Sustainable Homes initiative is stimulating and promoting good practice in a range of features that now include green roofs.

A number of Sustainability Projects including Generating Solar Homes, Sustainability Works and Recycled Materials are being carried by the SH programme. *Green Street* a web-based tool, focuses on the environmental refurbishment of existing stock.- Sustainable Homes is also providing guidance and training for sustainable development at all levels of a housing organisation, and has published a comprehensive database of over 160 ecological and environment friendly housing projects across Britain – EcoDatabase – which will continue to be updated over the next few years.-

### **3.4 Eco-Homes**

The Housing Corporation's Sustainability Strategy also commits the sector to raise its environmental standards in new developments. Currently it expects all new builds to obtain a 'Pass' rating on Eco-Homes, but by 2006 all should achieve a 'Very Good' rating. Eco-Homes is the housing version of BREAM (BRE Environmental Assessment Method), a widely-used means of reviewing and improving the environmental performance of buildings, established by the Building Research Establishment. Credits to achieve an Eco-Homes rating are assessed over a range of issues including energy, water use and ecology.

However, whether green roofs can assist in raising a credit rating are debatable within the Eco-Homes framework. A recent critique suggested that by installing a green roof one could receive one credit for reducing peak run-off by 50%, but the increase mass required may mean that three credits could be lost for materials in the process - hardly an incentive.-

## **4 Green roofs on new housing: some examples**

### 1nteger and the BRE

A few new social housing projects have begun to install green roofs. Some of the earliest sectoral work has taken place under 1nteger; an action research programme formed in 1996 to deliver better performance and value in mainstream housing. It has been involved in demonstrating and implementing a wide-ranging agenda for innovation in green and intelligent housing. In 1998 the first 1nteger home - the Millennium House at Watford, Hertfordshire - was built using green and intelligent architecture and construction techniques. As a result of the success of this pilot project, several local authorities and housing associations have supported similar style schemes throughout the UK. However, only one 1nteger project at Maidenhead, Berkshire, by the Maidenhead & District Housing Association, supports a green roof; pre-cultivated vegetated *Sedum* blankets to reduce water run-off by up to 90% during drier periods, with an array of PV cells. Water run off is collected for communal garden watering and stored underground.-

1nteger is an open partnership involving housing associations, private house builders, national housing organisations, architects and planners. Housing associations have been keen to get involved to provide more socially and environmentally acceptable housing schemes, and planners and local authorities have seen it as a solution to meeting environmental performance improvement targets. In addition, a number of housing associations and co-operatives have now struck out on their own to install green roofs for a variety of reasons. These include Acton Housing Association, Co-Housing Limited, East Thames Housing Association, Hedgehog Self-Build Co-Op, Hockerton Housing, Notting Hill Housing Group, and Peabody Trust.

### East Thames' Eco-House

Like many of the larger housing associations, East Thames Housing Association is committed to developing a sustainable approach to its housing stock, whilst keeping within the cost constraints of social housing funding. It took the opportunity upon developing something different on a de-commissioned electricity substation. The Eco-House was built as one of two semi-detached properties in Eider Close, Forest Gate, Newham, east London, in March 2003.

A sedum-based roof, supplied by Erisco-Bauder, was installed along with timber frames, a grey-water recycling system, newsprint insulation and PV panels, primarily to reduce energy costs, which would benefit residents. It was felt that the green roof would contribute to these energy savings in a significant way, but it has been found that its benefits are rather more holistic, serving more to reduce surface water run-off and act as a noise barrier.–

Deborah Perrier and her family are living in the house, and the green roof appears to be a favourite feature. *"We were given a plan of the new house and were told quite a lot about the new development. Living just around the corner meant that I had been watching the place being built from scratch. I kept bugging the builders and asking questions. I didn't know what it was going to be like to live in but I knew a fair bit about it. I knew it was going to have a Sedum roof for example, even if I wasn't actually sure what that was at the time!"* The Sedum need little maintenance, and to her delight the roof changes colour with the seasons. *"The plants on the roof produce pink and orange flowers. It was green when they first laid it. Now it has flowered some people think it has died but that's only the dead leaves. It is maintained once a year. I did say I wasn't going up there with my lawnmower."* Importantly, it has changed her ways of living, *"It's so cost effective. And I would recommend anyone to get a solar panel. My house is unusual which I really like. When we first saw... its unusual roof and overall design we fell in love with the place. And now that we are here I really can't imagine living anywhere else."*–

### Diggers and Hedgehog

The Diggers scheme, in Brighton, East Sussex, developed 9 homes as a pilot model for self-build for rent using public finance in the mid-1990s. A Social Housing Grant was secured in partnership with South London Family Housing. The Diggers, a group of people who on finding that they were unlikely to be able to afford to live in existing housing in the city, formed the Diggers Self-Build Housing Co-OP. They demonstrated that ecological housing could be built within cost constraints. The Diggers' scheme has received a Housing Project Design Award, an Environmental Care Award in 1994, and a RIBA Housing Design Award in 1997.<sup>...</sup>

The Hedgehog Self-Build Co-Op (also in partnership with South London Family Housing Association) is also in Brighton, and worked closely with architects Architype and the Walter Segal Self-Build Trust – as well as the earlier Diggers - to develop a cluster of 10 single storey, environment friendly, energy-efficient homes, from 1996. These feature *Sedum* roofs partly to blend in with the landscape; the homes are sited alongside a green communal area and the site is screened by a 3m strip of indigenous shrubs. This provides a natural habitat and privacy to new and existing residents. The houses have large south facing balconies and maximise passive solar gain.

### BedZED; rolling green roofs

BedZED (Beddington Zero-Emission Development) is an experimental – indeed revolutionary - model for practical 'green' living, based in the London Borough of Sutton, in the south-west of the capital.<sup>...</sup> Designed and constructed by a partnership of Bill Dunster Architects, BioRegional Development Group, Peabody Trust and Arup, it is the first mixed tenure housing scheme of its type, and one that has raised many eyebrows. The homes and work units have all been designed to be highly energy-efficient and eco-friendly; it will not be responsible for any CO<sub>2</sub> emissions. The properties have been constructed using recycled, reclaimed and renewable building materials. Of the 82 homes at BedZED, 34 have been provided for outright sale, 23 for shared ownership and 10 for rent to key workers. The remaining 15 are for social housing. The 80 m<sup>2</sup> of flexible workspace on the estate is provided to establish studios or premises for creative or technology-based businesses. Some of the units are now live/work.<sup>...</sup>

BedZED is capped with a rolling green roof of extensive *Sedum* mats installed to help reduce surface water run-off, and provide some greenspace for residents; they complement the small 'sky-gardens' that are incorporated into the second-floor flats. Rainwater is collected from roof surfaces and stored in underground tanks to provide irrigation and 40% of the rainwater collected is used for toilet flushing.

The green roof is, however, superfluous to BedZED's thermal efficiency; the buildings benefit from a 300mm 'overcoat' of super-insulation to the roofs, walls and floors. Sunshine, human activity, lights, appliances and hot water provide all the heating needed. High quantities of thermal mass provide enough heat storage to prevent over-heating in the summer and to store warmth for slow release in the winter. In addition, 107kWp of photovoltaic cells have been integrated into the south facing facades.<sup>...</sup>

Nevertheless, the green roof and sky gardens are part of a number of features at BedZED that are broadly popular with the new residents. A resident satisfaction survey of BedZED conducted in 2003, highlighted the 'sky gardens' as features that many enjoy. However, there were concerns raised over privacy and the quality of the materials used – "*the privacy problems from sky gardens above*" and "*the grass has died so [its] not very nice to look at*" are indicative comments.

It is not inaccurate to suggest that given the environmental innovation built throughout BedZED the green roofs and sky gardens were almost overlooked. The Trust did not have the necessary guidance or expertise to design or specify a green roof to meet its needs; the green roof was provided through the existing green-roof retailers marketing standard *Sedum* mats. The quality of materials used were not as high as they could have been. Importantly, however, the green roof and sky gardens were included because the Trust wanted them. There were – and are still - no incentives or guidance available.

BedZED was awarded the *Building for Life Gold Standard* in January 2004. The *Standard*, backed by the Government, the housing industry and the Civic Trust, is a measure of excellence that helps consumers identify new housing schemes that demonstrate a commitment to high design standards and guides them in making informed choices as to how and where they want to live. BedZED has also won a number of other design awards, for example, Winner of the

Sustainability Award & Most Promising Scheme (The Housing Design Awards 2000). It was also a nominee for the prestigious Stirling Prize for Architecture 2003.

#### Beaufort Court and Homer Road

In Fulham, west London, Peabody Trust has also constructed a new extension to its Lillie Road Estate, called Beaufort Court. The Court consists of a flat-roofed two-storey block of 10 maisonettes, and a taller block of mixed tenure dwellings – all completed with *Sedum*-matting supplied and installed by Bauder. It is the second Trust development to be constructed with a green roof (all since 2002). It concords with the implementation of a Sustainability Strategy to reduce the ecological impact of its new developments where possible.–

Beaufort Court was awarded the *Building for Life Gold Standard*, and the National Homebuilder Design Awards (Best Social Housing Development) in 2004.

In Hackney, east London, the Trust has recently completed its third green roofed development at Homer Road. A smaller and more orthodox construction than either BedZED and Beaufort Court, it too features a *Sedum*-based green roof on a gently south-west facing incline. Green roofs are also planned for future Peabody Trust developments, most notably Ladbroke Green in north Kensington, which is to be the Trust's largest new development for many years.

#### Grass roofs for Gold Lane

In Edgware, north-west London, an eight-dwelling development has arisen in response to lobbying from local residents due to the problems associated with a strip of derelict garages to the rear of their properties. Audley English Associates designed the scheme with green roofs – *Sedum* not grass as the publicity maintained – with Notting Hill Housing Group. The green roofs at Gold Lane were installed by Blackdown Horticultural to reduce surface water run-off and provide some insulation, and complement some elements of green walls, called 'smart screens' that form part of the landscaping. Architect Audley English said: "*We are hoping that this project will receive a good or excellent EcoHomes rating from the Building Research Establishment. It has many environmentally friendly features such as a grass roof which has a capacity for high rainwater absorption substantially reducing rainwater run off which otherwise can overload drainage systems.*" – The development was a winner of the RIBA Housing Award for 2002.

## **5 Green roofs on existing housing**

### Ethelred retro-fit

The Ethelred Estate in Kennington, south London, was transferred to a Tenant Management Organisation (TMO) from Lambeth Council, making it eligible for Decent Homes funding. In its bid to the Government Office for London, the TMO applied for DH funds to renovate roofs and windows to the estate. The decision to install a green roof came subsequent to the grant being awarded, with support from Lambeth Council's housing environment project officer.– Over 3000 m<sup>2</sup> of *Sedum*-matting by Bauder was retro-fitted onto 10 medium-rise residential blocks on the estate in 2005, making it the largest retro-fit in Britain.

Although the TMO's reasons for installing the roof were to reduce surface water run-off and enhance biodiversity (which has support from the estate's residents), input from the GLA and livingroofs.org has informed proposals to extend the roofing on the rest of the estate to be designed to substrate-based systems.

## **6 Constraints: a way forward**

The installation of green roofs – especially on housing – has until now largely been confined to a few advocates, often dismissed as hair-shirted hippies. An over-riding theme of the examples above is that the clients – the housing association or local authority – were willing to take the risk of adopting a green roof. However, the initial designs were put forward by the architects, rather than being specifically requested by the client.

A key constraint for residential green roofs, roof gardens and terraces is that of 'over-looking' which is a material planning consideration, and can effectively prevent the creation of roofs for occupants to use, on the basis that they can 'watch over' neighbours. This is seen by some as a crucial constraint to overcome for the installation of green roofs on many new and existing buildings in British towns and cities, and any new policies and guidance will necessarily need to take account of this.

The interest in BedZED may have set some minds alight, and stimulated others to view social housing provision differently. Nevertheless, the installation of green roofs on housing will be a challenge; if they are to be adopted more

readily, then the housing sector – both social and private – needs to have better information on green roof specifications, their costs and benefits, so that they become one of the features to be considered for any new housing. Only then, can we expect policy to follow in order to galvanise a wider adoption of green roofs throughout Britain.

#### Gaining momentum

Over the past few years, momentum has been gaining to change this for the better. Of vital importance has been to bring together the variety of expertise, experience and interest within Britain, and find ways of strengthening and developing it to secure the mainstreaming of green roofs into new development and existing buildings. In 2003 with the publication of the first general advice note by the British Council for Offices and the Corporation of London, and the University of Sheffield's conference the identification of key players was established, together with embryonic forms of networking and joined-up approaches to the way forward. The understanding of green roofs is has generally been limited to the individual companies and a few enthusiasts, – but this has been subsequently broadened through further conferences in London, Birmingham and Glasgow, and the establishment of [livingroofs.org](http://livingroofs.org) –

But this activity has not been confined to these few, and it is clear that the green roofs now appearing on housing have been down to a more widespread knowledge that has trickled through a number of sectors over the past 20 years. The opportunities within the not-for-profit sector to take innovative approaches – often complemented by the type of people who wish to – or are prepared to – work with them has led to these roofs being considered and installed, in contrast to the volume-building approach of much of the private sector. However, there are significant constraints that prevent green roofs being installed, and it is for this reason that steps to address this are now being taken.

## **7 What for 2006- 2010?**

It is clear from the work on green roofs in Britain since 2000, that there are some generic issues that are priorities to address, if we are to witness the mainstreaming of green roofs. These include:

- implementing national and regional policies to encourage the adoption of green roofs;
- dispelling many of the myths that still surround green roofs;
- developing standards for green roofs, to ensure that quality design and performance objectives are met;
- disseminating best practice; and
- developing fiscal incentives to aid adoption of green roofs

The work of [livingroofs.org](http://livingroofs.org) and its partners will be key in helping to further these, but there are still barriers to overcome, not least a cautious Government, unwilling to make any commitment to what it possibly sees as a minor sideshow. It has admitted that it is, for example, “*looking at how we can progress the concept of green roofs but we are not planning to introduce any form of incentive.*” .....

Housing is undergoing an unprecedented political profile in Britain. The need to build hundreds of thousands of houses to deflate an economy increasingly dependent on house prices, is understandably raising questions of their likely considerable environmental impacts. Government suggests that it will build the numbers required in as short as time as possible, without breaking the bank and without ‘spoiling the countryside.’ There are many that remain to be convinced that these seemingly mutually exclusive objectives can be reconciled, especially with the Deputy Prime Minister's interest in rolling out the £60,000 house. Nevertheless, measures to reduce the environmental impacts of design and construction are better integrated into housing than ever before, and the trends suggest that these will continue to improve over time.

### **7.1 Climate change**

Of growing political significance is that of climate change. The hot summer of 2003 (in which over 10,000 people in Europe died as a consequence), and a number of damaging floods since then, have begun to bring climate change onto the central stage. The calls to find ways to reduce carbon emissions and adapt to the likely changes to our climate are growing louder. Housing – identified as a major contributor to CO<sub>2</sub> emissions – is one area in which we are likely to see stronger regulatory measures imposed on developers. Guidance is already being developed, for example that developed by the Three Regions Climate Group, covering London, South East England and East of England. – Whether green roofs can play a significant part in this remains to be seen, given that there are other ways that can be taken to reduce CO<sub>2</sub>.

Nevertheless, adaptation to potentially much warmer summers, especially in British towns and cities, will require measures to cool buildings. Green roofs have considerable potential to play a part on this, both on new developments but also through retro-fitting on existing buildings. The focus for these will undoubtedly be on large-scale commercial developments where the returns could be significant for the existing capacity to input.

The difficulties for housing is that private ownership, relatively tiny units, and our predominant pitched-roof architecture mean that wholesale roof greening is unlikely to take place outside that of purpose-built single-tenure developments, such as social housing estates or co-operatives. Which brings us back to where we are now.

### **7.2 Self-builders**

There will always those that wish to live in environmentally sensitive houses, and succeed in building their own (e.g. Diggers). It is unlikely within the next 10 years that the mainstream house-builders will ever meet the aspirations of such people. As society gets more used to innovative housing design, there is likely to be a continued growth in small-scale developments, such as self-builds (e.g. Walter Seagal), and earth-shelters, across Britain, especially in rural areas and on the edge of towns. There are still significant planning constraints making it difficult for people to take such steps, but the growth of the Association of Environmentally Conscious Building-, and Government increasingly pushing for a lighter-touch planning regime, should remove some of these barriers. Green roofs are increasingly been seen as a natural component of such buildings.

### **7.3 Urban roof gardens**

During 2003 a small architectural practice in London was established to promote roof gardens and green roofs for primarily the domestic (i.e. private housing) market. These are largely retro-fitted terraces – often intensive green roof structures – built on existing flat roofs, garages or on new extensions. Recognising the niche for these in increasingly high-density developments, the lack of access to gardens for multiple-occupancy, and the likelihood of longer and hotter British summers, urbanroofgardens.com has been created to meet this need. Links have already been made with key green roof advocates in London and elsewhere, and it is hoped that this practice can help complement much of the other work currently in train.

### **7.4 Domestic green roof kits**

The majority of British people will continue to live in orthodox private housing, without recourse to a terrace of flat roof to exploit. For those who wish to 'do their bit' for the environment, there is still precious little they can do to their houses apart from increasing insulation. The domestic market for PVs is almost non-existent, and the first 'mini- wind-turbines' suitable for houses have only recently been piloted. The mainstreaming of green roofs should make this easier, especially if there are products specifically designed for the domestic market. We can envisage a DIY green roof kit for the kitchen extension, garage or garden shed sold in garden centres or by the large home improvement retailers, marketed to those that want to make an immediate and relatively inexpensive impact. The benefits for biodiversity and aesthetics are likely to be the strongest selling points for such simple systems, which tally with the high public interest in gardening.

Housing can play an ever-increasing role in the delivery of green roofs in Britain, and should help to bring their benefits home to an ever greater number of people. However, its requirements are more specific than for larger commercial and industrial buildings, and efforts made to court the interest of the individual home-owner could reap benefits. If these aren't at a scale to make tangible environmental gains, they should nevertheless help to raise awareness of what green roofs are, and the benefits they can bring. This should, in turn, serve to improve the performance of our green roof industry in Britain, and more importantly improve the quality of life in our towns and cities.

## **8 Acknowledgements**

We are grateful to the large number of green roof and green building enthusiasts active in London for raising the profile of these issues within the city, and especially housing, most especially Peter Allnutt, Susie Barr, Claire Bennie, John Broome, Jamie Dean, Audley English, Rose Frain, Dusty Gedge, Katie & David Gower, Jonathan Hines, Adam Ingleby, Matt Prescott, Gyongyver Kadas, Mike LeRoy, Pete Massini, and Dickon Robinson., In addition, we'd like to thank Dr. St Stephan Brenneisen (University of Wädenswil, Zurich), Dr. Lutz-Peter Berg (Swiss Embassy, London), and Linda S. Velazquez (greenroofs.com) for their continued support from afar.

## 9 References

- Office of the Deputy Prime Minister (2003), *Sustainable communities: building for the future*, ODPM, London.
- Robinson, D. (2000), *Aspiration, Innovation and Leadership for the Urban Renaissance*, unpublished speech, Peabody Trust, London.
- Gedge, D., Frith, M., and Newton, J. (2004), *Green Roofs; Benefit and cost implications*. A Report for Groundwork Birmingham Sustainable Eastside, Livingroofs.org, London.
- DTLR and CABE, (2001), *By Design; a practical guide to PPG3*. Department for Transport, Local Government and the Regions.
- SEPA and EA (1997), *Protecting the quality of our environment: A Guide to sustainable urban drainage*, Scottish Environmental Protection Agency and Environment Agency.
- DETR (2000), *Our towns and cities: the future – delivering an urban renaissance*. Department of the Environment, Transport and the Regions, London.
- British Council for Offices (2003), *Green roofs; research advice note*, Corporation of London and BCO, London.
- [www.cabe.org.uk](http://www.cabe.org.uk)
- Greater London Authority (2004), *The London Plan; The Spatial Development Strategy for Greater London*, Greater London Authority.
- Greater London Authority (2002), *Connecting with London's nature; the Mayor's Biodiversity Strategy*, Greater London Authority.
- Greater London Authority (2004), *Green light to clean power; the Mayor's Energy Strategy*, Greater London Authority.
- Greater London Authority (2004), *Living Roofs; Promoting green roofs, roof terraces and roof gardens across London*, Architecture & Urbanism Unit, GLA.  
[http://www.london.gov.uk/mayor/auu/docs/living\\_roof\\_statement.pdf](http://www.london.gov.uk/mayor/auu/docs/living_roof_statement.pdf)
- London Development Agency, English Nature and Greater London Authority (2003), *Design for biodiversity: A guidance document for development in London*. LDA, London.
- Greater London Authority (2005), *Draft Supplementary Planning Guidance on Sustainable Design and Construction*, Greater London Authority.
- Johnston, J., and Newton, J. (1993), *Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements*, London Ecology Unit.
- Grant, G., Engleback, L., and Nicholson, B. (2003), *Green roofs; their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas*. English Nature Research Report 498, English Nature, Peterborough.
- [www.architype.co.uk](http://www.architype.co.uk)
- WWF-UK (2004), *One Million Sustainable Homes; Moving best practice from the fringes to the mainstream of UK Housing*, WWF-UK, Godalming.
- Barker, K. (2004), *Delivering Stability; Securing our Future Housing Needs*. Review of Housing Supply. HM Treasury, London.
- Construction Task Force (1998), *Rethinking Construction*, Department of Trade and Industry, London.
- [www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)
- [www.greenstreet.org.uk](http://www.greenstreet.org.uk)
- [www.sustainablehomes.co.uk](http://www.sustainablehomes.co.uk)
- Priaulx, M. (2004), *EcoHomes*, Building for a Future, 13, 4, Spring 2004, Green Building Press, Swansea.
- [www.integerproject.co.uk](http://www.integerproject.co.uk)
- Unity Business Press (2003), *Housing Associations turn green for long-term benefits*, Roofing, Cladding & Insulation, December 2003, UBP, Sevenoaks.
- [www.east-thames.co.uk](http://www.east-thames.co.uk)
- [www.aecb.net](http://www.aecb.net)
- Dyckhoff, T. (2003), *Come the revolution*, Guardian Weekend January 25 2003, The Guardian, London.
- Arup, Bill Dunster Architects, BioRegional, and Peabody Trust (2001), *BedZED – Beddington Zero Energy Development*, Sutton, General Information Report 89, BRECSU, Watford.
- [www.peabody.org.uk](http://www.peabody.org.uk)
- BioRegional Development Group (2003), *Beddington Zero Energy Development; Case Study Report*, Housing Corporation, London.
- Peabody Trust (2002), *Sustainability Strategy 2002-05*, Peabody Trust, London.
- [www.nottinghillonline.com/pid354\\_Grass\\_roofs\\_for\\_Gold\\_Lane.htm](http://www.nottinghillonline.com/pid354_Grass_roofs_for_Gold_Lane.htm)
- [www.london.gov.uk/mayor/auu/docs/living\\_roof\\_casestudies.pdf](http://www.london.gov.uk/mayor/auu/docs/living_roof_casestudies.pdf)

- 
- <sup>1004</sup> Ingleby, A. M. J., (2002), Green roofs; A study of their benefits, and barriers to their installation in London, unpublished MSc thesis, London.
- <sup>1005</sup> [www.livingroofs.org](http://www.livingroofs.org)
- <sup>1006</sup> Hayhurst, R. (Ed) (2005), *A roof is for life*, Urbio 8, English Nature, Peterborough
- <sup>1007</sup> Three Regions Climate Group (2005), *Adapting to Climate Change: A checklist for development. Guidance on designing developments in a changing climate, Consultation Document*, Sustainable Development Unit, Government Office for London.
- <sup>1008</sup> [www.urbanroofgardens.com](http://www.urbanroofgardens.com)

# **Vegetated roofs in Sweden: green revolution or green image?**

**Tobias Emilsson, Department of Landscape management and Horticultural technology,  
Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden**

## **Abstract**

Vegetated system-type roofs are not entirely new to Sweden. They have been used during the last 15 years but only in the last years that they have received increased attention. The primary reason for installing vegetated roofs in Sweden has been their impact on the storm water runoff. The importance of vegetated roofs for storm water runoff in southern Sweden has been investigated in several studies, and it is clear that they can mitigate some of the negative effects of urbanisation. As in many other parts of the world, it has been proposed that the vegetated roofs can reduce urban heat, reduce sound pollution, extend the life span of the sealing membrane and function as valuable habitat for flora and fauna. A widespread use of vegetated roofs would transform the urban experience and the ecological system of our cities. A growing interest in planning tools for urban green space has increased the interest and use of vegetated roofs even more. An "UrbanGreenSpaceFactor" system, inspired by the "GrünFlächenFaktor" from Berlin, has been used in Malmö. We are also trying to investigate how the vegetation systems develop over time, what type of values that can be connected to vegetated roofs and how this relates to the newly found interest in planning tools for urban green space. Do we know what type of vegetation system we want, are our planning systems promoting what we want and are there alternatives to obtaining the same qualities?

## **Begrünte Dächer in Schweden: grüne urbane Revolution, grünes Feigenblatt, oder „green wash“?**

Seit 15 Jahren werden moderne Dachbegrünungssysteme in Schweden verwendet. Erst in den letzten Jahren wurden sie immer mehr beachtet. Hauptargument Dächer zu begrünen ist in Schweden ihre Wasserrückhaltevermögen. Dank mehreren Studien im südlichen Schweden, die die Wichtigkeit von Dachbegrünungen für den Regenwasserabfluss untersuchen konnte belegt werden wie Dachbegrünung einige negative Auswirkungen der Verstädterung reduzieren können. Das stetig wachsende planerische Interesse von Dachbegrünungen in der Diskussion der urbanen Grünflächen hat sich positiv auf die Verbreitung der Dachgrünflächen ausgewirkt. Der „Urban Greenspace Factor“, der „GrünFlächenFaktor“ entwickelt in Berlins, wurde in der Folge auch in Malmö eingesetzt. Heute stellt sich die nächste Frage: Wissen wir, welche Vegetationssysteme wir eigentlich auf den Dächern wollen? Fördern unsere Planungssysteme das, was wir wollen? Gibt es Alternativen, welche gleiche Qualitäten erzielen lassen?

## 1 Introduction

The current trend in urban planning is focused on achieving dense urban centres that can increase transport efficiency and mitigate urban sprawl. The focus on high density has resulted in an increasing pressure on previously unbuilt areas and urban green space. Swedish urban centres can still be characterised as spacious and green even though the amount of undeveloped land has gradually decreased. The trend has been most pronounced in medium sized urban areas where the amount of undeveloped land has decreased from approximately 40 to 31% during 1970-1995 (1). Generally, new development and increasing urban density cause decrease in total green space area, decreased connectivity between areas, and decreased individual size.

The vegetated roofs fit well into the current high density planning practice by making use of underutilised roof surfaces. The use of vegetated roofs means that development can be allowed to take place at the same time as functions connected to vegetation are maintained in the urban landscape.

This paper is focused on current use of vegetated roofs and green space in Sweden. The use of vegetated roofs will be discussed in relation to urban planning and the strategies that are currently tested for introducing vegetation in urban areas. Finally, some of the challenges facing the use of vegetated roofs in the future will be discussed.

## 2 Use of vegetated roofs in Sweden

Vegetated roofs were a common sight in southern and middle Sweden in the seventeenth and eighteenth century. Turf and sod was cheap and was, when available, used as a part of the building envelope to keep the cold, wind and rain on the outside of the building. New production methods, and lower production and transportation costs meant that vegetated roofs were replaced with wooden board roofs, tiled roofs and wood shingle roofs in the middle of the nineteenth century (2). The modern use of vegetated roofs began in the end of the 1980s when green roof products were directly imported from Germany. One of the first modern type vegetated roofs was installed on “Bankhus 90”, the head office of the bank SEB in Stockholm in 1991 (Figure 1). The production of vegetation systems began in Sweden some years after.



**Figure 1** SEB headquarter “Bankhus 90,” built in 1991.

The installation of green roofs is now, as in many other countries, a standard industrial installation. Thin extensive prefabricated *sedum* vegetation mats are most common. Semi-intensive roofs or grass are used very seldom due to national fire restrictions limiting the use of any material that can spread fire (3). The market is dominated by a few firms: VegTech, Terratec and Jungs Trädgårdsanläggning.

As more systems are installed, vegetated roofs are becoming more visible and discussed. This has also been promoted by examples such as the building expo Boo1 in Malmö, which involved planning tools that strongly encouraged the use of

thin vegetated roofs. A few building types are greened more often than others, and are usually one of two building types, both with clear environmental green images: school buildings, and recycling centres.

Schools are obvious objects for roof vegetation. Environmental projects and experiments often take place both in the classroom and in the schoolyard and Swedish schools are supposed to play an active role in the discussion about sustainability and natural protection (4). The outdoor environment has received increasing attention for its potential as a classroom with connection to the physical world, or as a starting point for discussions about contemporary environmental issues. Vegetated roofs are in this case a clearly visible structure that can promote the discussion about sustainability and the influence of buildings on our environment.

The mitigation of runoff problems and the increased biodiversity on some types of roofs also put focus on some of the common problems with urbanisation. The greening of school buildings is an important way to communicate environmental awareness and a green image to the neighbourhood and local community. During the years, schools are visited by large numbers of both children and parents and the presence of green roofs on the buildings is hard to ignore (Figure 2).



**Fig 2** Schools with vegetated sedum roofs

Local recycling centres are common in southern Sweden and they are often greened. These centres are generally located in every block and are supposed to give inhabitants the possibility to recycle different fractions of plastic, metal, carton, packaging and glass. The centres are operated by housing firms or housing co-operatives and are aimed at reducing the amount of household waste and reduce costs for garbage collection.

The addition of vegetation to the recycling centres is supposed to make them more beautiful, fit them into the outdoor environment, and promote the image of sustainability of both housing firm and recycling centre. The visual character of the roofs of these small houses is important since they are often simple single story constructions located on the courtyards, and thus overlooked by tenants. Being a part of the window view of many tenants, it is important that they look good.

The small size and low height of the objects means that they can be greened at a low price and with little effort. The benefits of beautiful outdoor space and environmental image can be achieved for the housing firm at a minimal cost (Figure 3). The relatively small size of the building structure means that they will have a limited influence on the overall quality of the urban environment, since several of the positive aspects of vegetated roofs are connected to surface.



**Fig 3** Different types of local recycling centres in Malmö

### **3 Incentives for the use of vegetated roofs**

There are currently few planning requirements or economic incentives aimed at increasing the use of vegetated roofs in Sweden. Thus, vegetated roofs have primarily been used for their aesthetic beauty and environmental appearance (5). The previously mentioned building expo, Boo1, is one exception, where a planning tool was used to achieve a minimal level of urban green. The system was called "Green Space Factor" and it was an adaptation of the Biotopflächen factor system previously used in Berlin (6, 7). The Boo1 green space factor system was a part of a total Expo quality program for the built environment, which was developed in consensus between the city of Malmö, the expo organisation and the building firms to fit the specific local requirements.

The green space factor is calculated by multiplying the area of every surface on the lot with a value between 0 and 1. Valuable surfaces receive a high value and less valuable surfaces receive a low value. Small surfaces with high environmental quality have the same total value as larger surfaces with low environmental quality. The developer is free to choose which type of green structures are to be included on the plot, as long as the total green space factor for the entire lot is achieved. The total green space factor is the mean green quality for the entire plot and it was in the Boo1 case set to 0.5, which means that 50% of the lot should be covered with high quality green, at a value of 1.0 (8).

The green space factor system in Malmö had three specific goals: (1) create an attractive environment for urban dwellers, (2) support biodiversity and (3) improve storm water handling. The quality program of the Expo was also designed to work as an example for the transformation of Malmö towards sustainability, and to promote the image of Malmö as a sustainable city. The green space factor was combined with a green point system aimed at introducing environmentally important objects into the courtyards. The point system can thus be separated from the quantitative surface based green space factor system (8).

The use of the planning tool had effects both on the development and use of vegetated roofs in the local area, and also on the view and awareness of vegetated roofs in Sweden as a whole. A follow-up of the Expo revealed that 12 of 17 investigated houses had vegetated roofs with a mean area of 300 m<sup>2</sup> (9). This is an unusually high concentration for a small area. The presence of the Expo, the use of the green space factor, and the installation of the many roofs also resulted in awareness among people who never even visited the Expo, and particularly among people working with buildings or urban planning as a profession (10).

A system with differentiated storm water fees have been introduced by the municipal water company in Stockholm, Stockholmavatten. Similar systems have been used in Germany to stimulate green roof installation. The aim of the system is to stimulate building owners to be more active in their capacity to reduce surface runoff, and vegetated roofs are one of many possible components. The reduction in fees for local storm water handling is associated with both the connection fee and the yearly storm water discharge, which in turn is connected to the floor space index.

Provided all stormwater is treated on the lot and no discharge is released to the sewer system, yearly reductions may range from 1.55 SEK/ m<sup>2</sup>/ lot/ year for floor space indices below 1, to 3.20 SEK/m<sup>2</sup>/ lot/ year for floor space indices equal to or above 2 (11). Detention of storm water for later discharge to the sewer system allots a 50% reduction in yearly fees. The financial support from the reduction in storm water fee is still small compared to some of the support systems in place in Germany, e.g. Nordrhein-Westfalen supports the installation of green roofs with 15 euro/m<sup>2</sup> (12).

### **4 Future of vegetated roofs and green space in Sweden**

There is a need in Sweden for a thorough investigation of the programs and tools that may be used to support the introduction of green roofs and other vegetated structures in urban areas. The current systems with reduced storm water fees and green space factors have only realised a small aspect of the values connected to vegetated roofs, addressing primarily the problems associated with storm water. The effects of vegetated roofs on the urban heat island and biodiversity have been supported by research, but are not yet fully incorporated into the planning systems tested in Sweden. Recreational and social values of vegetated roofs have also been completely lacking from the discussion about planning tools and economical incentives.

There are several positive physical, biological and social effects connected to vegetation but not all vegetation systems have the same importance for all values e.g. thin extensive vegetated roofs will have a very low recreational value as compared to intensive roof gardens. It is also likely that vegetated roofs designed for biodiversity might not be perceived as beautiful by all, but can on the other hand be of great importance for insect and spider diversity (13).

Some values connected to vegetation, such as access, recreation or biodiversity, are not exchangeable like those of the green space factor system, where small valuable surfaces can be exchanged for larger low quality surfaces. In other words, a small group of trees may have a different meaning and value for people as compared to a larger area covered by extensive vegetated roof, even though the effect on local storm water handling might be the same. This means that even a support system or tool for such a simple system as vegetated roofs rapidly becomes overwhelmingly complex.

One solution to the problem might be the adoption of the distinction made by Camillo Sitte between green space used for recreation and sanitary green space that insure urban health (14). The recreational green space was, in his view, a fundamental aesthetic structure of the city. The recreational green should be publicly owned, accessible, possess certain visual characters, and ensure recreational values and serenity in the modern, busy city (14, 15). The green space, on the other hand, focused on urban health and had different requirements. The green space should be used on large surfaces to improve local climate, bind dust and contribute to storm water handling. Factors of great importance to the recreational green space could be of very limited value when considering sanitary green, and vice versa. The extensive systems can, in this case, be primarily characterised as an urban health system. This means that systems aimed at achieving urban health would have different planning systems than those targeting urban recreation.

The introduction of vegetated roofs is not only a question of making choices and finding a balance between different values connected to green surfaces, but also increases the total amount of green space. Some types of buildings are virtually never greened in Sweden e.g. big block shopping malls. These buildings are large and include huge parking areas. There is a need for instruments that can ensure that vegetation is included in areas where it is needed, and not only where it is possible. Smarter, more flexible tools and bolder municipalities are needed to achieve more and better green areas.

## 5 References:

1. SCB, (1998), Markanvändningen I Sverige. 3 ed ed. Stockholm.
2. Werne, F., (1993), Böndernas Bygge. Förlags AB Wiken.
3. Boverket, (2002), Brandskydd, in *Boverkets Byggregler - Bfs 1993:57 Med Ändringar Till Och Med 2002:19*. Elanders Gotab: Karlskrona.
4. Skolverket, (2001), Curriculum for the Pre-School. Skolverket.
5. Berg, K. and M. Nilsson, (2003), Översiktlig Kartläggning Av Den Svenska Forskningen På Sedumtak, Student project at Internationella institutet för industriell miljöekonomi (IIIEE), [http://www.iiiee.lu.se/site.nsf/wwwpages/556111526AD8D3FEC1256FDB004084DF/\\$File/Sedumtak%20Karl%20Och%20Martin.doc](http://www.iiiee.lu.se/site.nsf/wwwpages/556111526AD8D3FEC1256FDB004084DF/$File/Sedumtak%20Karl%20Och%20Martin.doc)
6. Kruuse af Verchou, A. (2004). Sweden's Green Space Factor. in *Greening rooftops for sustainable communities*. Portland: Peck associates.
7. Senatsverwaltung\_für\_Stadtentwicklung, (2003), Grüne Innenstadt - Bff-Biotopflächenfaktor, Berlin Umwelt, 20030909]
8. Dalman, E., ed. (2002), Kvalitetsprogram Dp4537 2002-03-15 (Reviderad). Boo1: Malmö.
9. Jallow, S. and A. Kruuse af Verchou, (2002) Kvalitet För Människor, Djur Och Växter -Utvärdering Av Bostadsgårdarna I Västra Hamnen, Malmö Stad Gatukontoret: Malmö. p. 79.
10. Nilsson, A., L. Palm, and B. Persson, (2004) Lotta-Lotta, Soguden Och Vilda Grannar, Miljöförvaltningen, Malmö stad: Malmö.
11. StockholmVatten, (2004), Taxa För Den Allmänna Vatten- Och Avloppsanläggningen I Stockholm Och Huddinge 2004, StockholmVatten, [[http://www.stockholmwater.se/pdf\\_arkiv/kundkontakt/Taxa\\_mars2004.pdf](http://www.stockholmwater.se/pdf_arkiv/kundkontakt/Taxa_mars2004.pdf)]
12. Ministerium für Umwelt und Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, (2001), Richtlinien Über Die Gewährung Von Zuwendungen Im Rahmne Der "Initiative Ökologische Und Nachhaltige Wasserwirtschaft NRW", Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen,
13. Brenneisen, S., (2003) Ökologisches Ausgleichspotenzial Von Extensiven Dachbegrünungen - Bedeutung Des Ersatz-Ökotpos Für Den Arten- Und Naturschutz Und Die Stadtentwicklungsplanung, Universität Basel: Basel. p. 208.
14. Sitte, C., (1982), Stadsbyggnad Och Dess Konstnärliga Grundsatser [Org: Der Städtebau Nach Seinen Künstlerischen Grundsätzen]. 4 ed ed. Stockholm: Arkitektur Förlag AB.
15. Lundgren-Alm, E., (2001) Stadslandskapets Obrukade Resurs - Om Grönstrukturens Potential Och Synliggörande I En Hållbar Stadsutveckling, in *Department of Built environment and sustainable development - School of Architecture*, Chalmers University of technology: Göteborg.

Tobias Emilsson, Department of Landscape management and horticultural technology  
Swedish University of Agricultural Sciences, Box 66  
SE-23053 Alnarp, Sweden  
[tobias.emilsson@lt.slu.se](mailto:tobias.emilsson@lt.slu.se)

# Potential for extensive green roof systems in Australia

**Raelene Mibus**, South West Institute of TAFE, Victoria, Australia

## Abstract

Green roofs, in particular extensive green roof systems, do not comprise a significant part of the Australian urban environment, with only few examples of intensive roof gardens in existence. Why is this when the benefits afforded by green roofs are of particular environmental importance in Australia's hot & variable climate? The perceived lack of need for green roofs, the lack of knowledge and skills in green roof systems, few examples to demonstrate the benefits, styles and technologies, together with the difference in Australian building construction methods are key impediments limiting the use of green roof systems in Australia. However, the benefits obtained through the implementation of green roof systems may improve urban environments in the hot, dry Australian climate. There is a wide range of Australian plants species that have evolved in arid landscapes with low nutrient soils, high UV loads and temperatures that would be particularly suited to use in green roof installations. This paper explores how existing green-roof technologies and 'know-how' from the northern hemisphere may be adapted to Australian conditions, as well as the range of Australian plants suited to the use of this system in Australia.

## Das Potential für Gründächer in Australien

Die wenigen existierenden Gründächer in Australien sind ein verschwindend kleiner Teil der urbanen Umgebung. Warum ist das, bieten die Gründächer doch Vorteile, die besonders wichtig wären im heissen Klima Australiens? Der angenommene Mangel an Bedarf für Gründächer, der Mangel an Wissen und Fertigkeit über Gründächer, wenige Beispiele um die Vorteile, Stile und Technologien zu demonstrieren, kombiniert mit den Unterschieden in den australischen Bauweisen der Gebäude, sind Schlüsselhindernisse die die Anwendung von Gründächern in Australien behindern. Wie auch immer, die Vorteile die bei der Anwendung von Gründächern resultieren, könnten die urbane Umgebung im heissen australischen Klima verbessern. Es gibt eine Vielfalt von australischen Pflanzenarten, die sich in trockenen Landschaften mit nährstoffarmen Böden, hoher UV-Einstrahlung und Lichtbedingungen entwickelt haben und die speziell geeignet wären zur Installation auf Gründächern. Dieser Bericht erläutert wie existierende Gründachtechnologien und 'know-how' aus Nordeuropa und Amerika an die australischen Bedingungen angepasst werden können und auch die Vielfalt an geeigneten australischen Pflanzen für diese Anlagen.

## 1 Introduction

In northern Europe, flat or slightly sloped roofs covered with low vegetation can be found widely on commercial, industrial and housing constructions. Such extensive green roof systems do not exist in Australia. Extensive green roof technology has been developed specifically for different roof situations, the vegetation growing on a thin layer of substrate (ca. 7 cm in depth). Over the past 30 years, countries like Germany have played a key role in the development of this technology, using plant species like sedums, small herbs and grasses which are known to perform in this extreme environment.

Contrastingly, in Australia intensive roof gardens are the closest to the notion of vegetation growing on roof tops, or where buildings are constructed into a hill or incline, the ground becoming the roof-line which supports low vegetation. This is exemplified by the new Australian Federal Parliament Building in Canberra. Such ornamental and usually intensively vegetated roofs fulfill primarily an aesthetic function in Australia, providing a green garden space in a highly urbanised environment. They are landscapes designed to meet the needs of urban dwellers desiring a quiet refuge from the hustle and bustle, or an outside green 'room' to soften the inner urban harness. Examples of this kind of roof are found in Northern Queensland at the Cairns Casino and in Melbourne at the city campus of the Royal Melbourne Institute of technology (RMIT). They are specialised niche landscapes positioned at the top end of designed landscapes.

The broader environmental imperatives of storm water management and energy conservation that drive the existence of green roofs in the northern hemisphere, particularly countries like Germany and Switzerland, have not yet been explored or

expounded in Australia. Nor has the application of extensive green roofs for these reasons been brought to the general attention of decision makers, urban planners, architects and builders in Australia.

## **2 Environmental imperatives for extensive green roofs in Australia**

Australia's population is not set apart from the rest of the western world in its drive to maintain livelihoods to support modern urbanised and increasingly technological lifestyles. But at what cost to the landscapes they live in? Over the past 20 years this drive to maintain these lifestyles has brought about dramatic change in the way Australians live. In a recent article key architects from around Australia put forward their views on some of these changes and prospects for the future (Allenby, 2005). The main trends where green roof systems may positively impact on some of these changes are overviewed below.

### **2.1 Urbanisation**

The growth of Australian urban centred has enjoyed the luxury of space over the past one and a half centuries, with ever expanding housing developments, road networks, industrial and commercial areas. Today the burgeoning of urban centres continues, particularly the state capital cities, as well as along the coastline, this sea-change being driven primarily by the retirement of baby-boomers to the coast.

Melbourne, the capital of the state of Victoria which is a small highly urbanised state with a population of 4.9 million (Australian Bureau of Statistics, 2004), is one of the world's lowest density cities. Its population of 3.6 million plus (Australian Bureau of Statistics, 2004) is spread over more than 6000 km<sup>2</sup> and is estimated to increase to 4.1 million by 2022 (Morris, 1992). This is typical of many cities in Australia including smaller regional centres. Population growth signifies increases in housing and the associated infrastructure of roads and services. Over the past two decades housing density and consequently the area of sealed ground surfaces have increased. Blocks of land for housing have decreased in size while houses have increased dramatically by 40%, from 162.2 m<sup>2</sup> in 1983 to 227.6 m<sup>2</sup> in 2003 (Allenby, 2005).

Furthermore, this increase in house size has been accompanied by a change in the type and layout of houses. In 1985 the standard single storey detached Australian home consisted of three bedrooms, one and a half bathrooms and a back yard with garden. In 2005, the average home has four bedrooms, three bathrooms, a family room with home theatre (the new 'electronic hearth' replacing the fireplace) and an open-plan living-dining-kitchen area with air-conditioning. The back garden has been replaced by a courtyard and the demand for apartment style living is increasing.

These changes in housing and the increasing technological lifestyle are at a cost, exerting evermore pressure on the fragile Australian environment. Costs in terms of energy consumption, land built upon and surfaces sealed, water consumed and waste water management costs are some of the costs green roofs may help reduce. As a leading Sydney architect predicts, once there is an awareness of 'the ramifications of these excesses, environmental issues will zoom to the fore' (Allenby, 2005).

### **2.2 Water management**

The increasing area of sealed surfaces brought about by intensified urbanisation leads to the immediate problems of increased possibility of flash flooding and the resulting damage and costs. The south eastern suburbs of Melbourne experienced major flash flooding twice over the last summer. However, in the long-term, adverse environmental impacts on the hydrological cycle and water catchments arise due to reduced infiltration into the soil to replenish ground water, and increased rates and volumes of water run-off which is channelled swiftly into rivers or the sea. Overall, the quality of water catchments and coastal marine or freshwater environments is degraded. Even more so because many wetlands, important in filtering and slowing water movement essential for good water quality and habitat for aquatic and marine fauna, have been drained or filled.

The problems of flash-flooding and inadequate drainage in the major population centres along the east coast will be further exacerbated as the impact of climate change becomes more evident. As predicted, more intense thunderstorms are expected for the eastern seaboard of Australia. The implementation of green roof technology is a cost-effective solution to

ameliorate storm water and consequent flash-flooding. Green roofs catch and retain rainwater in the roof substrate and excess water slowly drains from the roof via existing drainage systems. The net effect is a diminished stormwater peak and retarded flows, the existing drainage infrastructure is not overloaded and the enormous cost of expanding existing drainage infrastructure is avoided.

Water filtration at the point of impact on the roof is another advantage afforded by green roofs, functioning similarly to sand filtration systems. Filtration of this sort could be coupled together with potable on-site water storage, or used for the production of food crops either on the roof or at ground level (Wilson, 2004). Most moisture is held in the substrate as a reservoir for plant growth; excess water drains away slowly. If on-site water retention and storage is desired, up to 70 L/m<sup>2</sup> can be retained by incorporating specially designed water storage mats into the green roof system.

### **2.3 Energy conservation & efficiency**

Fifty percent of new homes in Australia are 'project homes' built with little regard for climate or the environment. This laziness towards environmental design means air-conditioning becomes the solution, or a necessity, to the problems of poor ventilation and lighting that render the spaces unsuitable for living. In inner cities windows are kept shut to keep out noise; poor ventilation and the need for fresh air is then overcome by switching on the air-conditioning (Allenby, 2005).

The increasing reliance on air-conditioning to effect pleasant living and working environments, multiplied by increasing housing density, places electricity supplies under ever increasing load. After several summer days over 35°C, Adelaide or Brisbane often experience electrical grid failure due to overload caused by the increased demand for air-conditioning. This highly ineffective and inefficient system could be remedied through greater application of sustainable design. Green roofs, as an integral part of sustainable development, improve the internal building microclimate, particularly when incorporated with other environmental design elements such as wider eaves, improved ventilation and lighting, and the choice of building materials. Green roofs help maintain more even internal building temperatures, reducing the need for air-conditioning in hot weather and heating in cooler seasons.

With temperatures predicted to rise across southern Australia by 0.4 to 2.0°C by 2030 and 1 to 6°C by 2070, and winter and spring rainfall to decrease in the south and east (Natural Resource Management Ministerial Council, 2004) there will be a demand for sustainable technologies such as extensive green roof systems in ensuing decades.

### **2.4 Quality of urban life**

The quality of life in urban centres is greatly improved through parks, gardens and green public spaces. For aesthetic reasons, as well as the added benefits of reductions in dust, external temperature and noise pollution, green roofs improve the quality of urban life.

## 2.5 Biodiversity

It is not only human beings which benefit from extensive or intensively greened roofs. The expansion of urban areas has resulted in loss of local vegetation and habitat for endemic species. Green roofs may help restore the imbalance by providing habitat within the urban environment for the coexistence of plants, vertebrates and invertebrate animal species, some of which may be rare or endangered.

When extensive green roofs become widely established in Australia they may prove important to the survival of certain species, as seen in Europe where ground dwelling birds, orchids, spiders and other species have been found to inhabit green roof spaces. They may also provide a repository for the preservation of several types of plants or plant associations.

## 2.6 Feasibility

For extensive green roofs to become widely implemented in both the housing, commercial and industrial sectors, the short term cost of installation needs to be weighed up against the long-term economic, social and environment gains. The costs of installation materials (geotextiles, substrate, plant material, edging), design and installation labour on one hand; and on the other hand: long term energy savings (heating and air-conditioning), improved storm water management and overall improved living and working conditions which may lead to decreased employee absenteeism and improved output. This has been found in some European situations (pers. comm., 2005).

Currently, Australians invest considerably into luxury household technologies like home-theatre, air-conditioning, up-market kitchen and household appliances, etc. Australia's style media are key drivers in the evolution of style, particularly through glossy coffee-table publications and TV programs. The promotion by the style media of green roofs as vital to modern domestic housing design may see green roofs becoming a sought-after housing design feature which conveys an individual, natural and very Australian style that counteracts the homogeneity resulting from globalisation. Alternatively, the expense of environmentally friendly green roofs may be overcome through governmental incentives, bonuses or regulation.

# 3 The way forward

For green extensive green roof systems to be a part of the sustainable urban development in the future in Australia there needs to be (i) promotion of the systems with particular emphasis on the benefits, (ii) capacity building to provide skills and knowledge for design and installation, (iii) research to develop substrates from local materials, select suitable plant species and determine optimal conditions for plant establishment and (iv) environmental governance through policy and regulation. These are necessary for extensive green roofs to be introduced and implemented in different housing, industrial and commercial situations across Australia's diverse climatic range.

## 3.1 Promotion

The promotion of extensive green roofs technologies and styles suited to conventional Australian buildings and the benefits they convey could be achieved through:

- **green-roof display projects** - intensive and extensive green roofs installed in locations which maximise exposure to the general public
- **International partnership projects** or workshops inviting key overseas proponents of green roof systems to explain and demonstrate to Australian architects, urban planners and water managers the construction and installation of extensive green roof systems in different key locations in Australia
- **National partnerships** linking key stakeholders in Australia with existing (eg. 6oL Green Building, <http://www.6olgreenbuilding.com/workshops.html>) or new projects
- displays at exhibition or trade shows on related fields such as sustainable urban development, building and construction, water management, etc.
- harnessing the style media to market green roofs as the new, 'must have' natural building feature conveying an individual, hand crafted, Australian style that softens the homogeneity of globalisation and conventional urban building.

### **3.2 Capacity building**

Australia has traditionally been a market for testing new products and the uptake of new technologies, and also has a well established education and training systems. The key organisations which may be involved in capacity building for green roof systems include:

- teaching and training institutions: TAFE institutions, universities
- professional organisations for architects, engineers, urban and town planners
- industry and trade associations: eg. Stormwater Industry Association Inc.
- government agencies: Department of Environment and Heritage, Department of Sustainability and Environment, Catchment Management Authorities, Cooperative Research Centres

Green roof methods and benefits could be incorporated into existing best practice urban planning guidelines for developers eg. Water Sustainable Urban Design, (Melbourne Water (2003). Promotion to the construction sector via media, workshops and trade days could be undertaken to demonstrate the installation, benefits and attributes of extensive, as well as intensive green roof systems. Similarly, planners and architects could be made aware of the design aspects and details of implementation. The catchment and retention of rain water on-site through green roofs should be promoted in water management spheres.

The adoption of green roof systems could be promoted to communities as a method of water conservation, extending the concepts of 'water wise landscapes' (landscapes requiring minimal inputs of water), 'water wise buildings' and clean coast and wetlands. The water conservation movement is strong in Australia and could be harnessed to positively influence government policy and new project initiatives for extensive green roofs.

### **3.3 Research**

Applied research to develop existing green roof technology and systems to suit Australian conditions of climate, plants and applications should include the development of:

- technology including root barrier membranes, geotextiles and drainage systems suited to common Australian methods of roof construction
- substrate using locally available components
- planning and design options
- suitable plants species

Solutions provided by such applied research will help ensure the successful development of green roof systems suited to Australian conditions.

### **3.4 Environmental governance & regulation**

Currently there are neither initiatives to expound the benefits of extensive green systems, nor regulations or incentives to specifically facilitate or promote their implementation (Commonwealth of Australia, 2002; Melbourne Water, 2003). Financial incentives or bonuses for the installation of green roofs could be introduced similar to those pioneered several decades ago for other sustainable technologies like solar hot-water heating, rainwater tank installation and five star energy ratings on appliances. Green roofs can grow with these technologies, further underpinning Australia's clean green image.

Regulatory government controls may be introduced over time via federal and state legislation. This may be in the form of increased water charges, the introduction of stormwater run-off charges like those of other countries, charges on sealed ground surfaces or subsidies when roofs are built to specific green roof standards. More rapid up-take of green roof technology could be achieved by incorporating system details for green roofs into industry codes and guidelines. For example, green roof system details and specifications could be incorporated into urban design procedures, architectural or engineering building codes, or building energy ratings during their review process.

## 4 Australian plants

A wide spectrum of plants from coastal or arid areas may be suitable for use on green roofs, having adapted to extreme environmental conditions, including temperature extremes, high UV load, drought, salinity, shallow nutrient depleted soils, or in some cases pure sand. Roof installations in certain areas of Australia could use local plants that have evolved to suit prevailing climatic conditions. A selection of plant species indigenous to the south east Australian coast are depicted in Table 1 and could be used in southern regions. The use of Australian plants on extensive and intensive green roofs would also impart a distinctly Australian style, attracting native birds and other endemic fauna species.

Research to optimise species, monitor their establishment and performance in extreme roof environments growing in substrate based on local materials and trials on the best methods of plant application would ensure successful installation and longevity of green roofs in Australia. Mycorrhiza and bacteria may aid the establishment of some plant species.

## 5 Conclusion

Sustainable building design in an Australian context has yet to factor extensive green roof systems into the overall environmental design equation. Once this consideration has been made there will be wide application. However, their successful introduction and up-take will require a combined approach based on media promotion, training, research and leadership by industry and Government. Green roof systems will no doubt have a positive impact in improving Australian urban spaces in the future, yet they must be developed giving consideration to the predicted changes of climate and the environment.

## 6 References

- Australian Bureau of Statistics (2004)** Population by Age and Sex, Victoria (Cat no. 3235.2.55.001), Australian Government
- Allenby, G. (2005)** Crowded house, The Australian Magazine, 11 June
- Commonwealth of Australia (2002)** Introduction to Urban Stormwater Management in Australia, Department of Environment and Heritage, prepared under the urban stormwater initiative of the *Living Cities* Program
- Melbourne Water (2003)** Water Sensitive Urban Design Engineering Procedures: Stormwater, Urban Stormwater - Best Practice Environmental Management Guidelines
- Morris, W. (1992)** Incremental Change: Making Every Development Decision Count Towards a Sustainable Urban Future, EcoCity 2 Conference, Adelaide, April 1992
- Natural Resource Management Ministerial Council (2004)** National Biodiversity and Climate Change Action Plan 2004 – 2007, Department of the Environment and Heritage, ISBN 0 642 55051 4
- pers. comm. (2005)** selected research agencies in Switzerland and Germany. Study Tour April 2005
- Wilson, G. (2004)**, Rooftop Farms and Gardens, Urban Agriculture Online, viewed 18 August 2005, <http://urbanag.info/rooftop.htm>

**Table 1** A selection of Australian plants to trial on extensive and intensive green roofs in Australia

**AUSTRALIAN PLANTS FOR EXTENSIVE GREEN ROOFS**

Habit	Botanical name	Family	Common name
Grasses & Tussocks	<i>Poa poiformis</i>	Poaceae	Blue Tussock-grass
	<i>Themeda triandra</i>	Poaceae	Kangaroo Grass
	<i>Dictichlis distichophylla</i>	Poaceae	Australian Salt-grass
	<i>Spinafex sericeus</i>	Poaceae	Hairy Spinafex
Succulent ground creepers	<i>Carpobrotus rossii</i>	Aizoaceae	Karkalla
	<i>Tetragonia implexicoma</i>	Aizoaceae	Bower Spinach
	<i>Enchylaena tomentosa</i>	Chenopodiaceae	Ruby Saltbush
Ground creepers	<i>Scaevola aemula</i>	Goodeniaceae	Fairy Fan-flower
	<i>Scaevola albida</i>	Goodeniaceae	Small Fan-flower
	<i>Scaevola calendulacea</i>	Goodeniaceae	Dune Fan-flower
	<i>Myoporum parvifolium</i>	Myoporaceae	Creeping Boobialla
Climbers	<i>Zygophyllum billardierei</i>	Zygophyllaceae	Coast Twin-leaf
	<i>Nitraria billardierei</i>	Zygophyllaceae	Nitre Bush

**AUSTRALIAN PLANTS FOR INTENSIVE GREEN ROOFS**

Woody prostrate perennials	<i>Kunzea ambigua</i>	Myrtaceae	Prostrate Kunzea
	<i>Kunzea pomifera</i>	Myrtaceae	Muntries
	<i>Leptospermum continentale</i>	Myrtaceae	Prickly Tea-tree
	'Horizontalis'		'Horizontalis'
	<i>Leptospermum rotundifolium</i>	Myrtaceae	Round-leaf Tea-tree
	<i>Grevillea lanigera</i> 'Mt Tamboritha'	Proteaceae	Mt Tamboritha Woolly Grevillea
Small low shrubs	<i>Correa alba</i>	Rutaceae	White Correa
	<i>Correa reflexa</i>	Rutaceae	Common Correa, Native Fuchsia
	<i>Correa decumbens</i>	Rutaceae	Spreading Correa
	<i>Ixodia achillaeoides</i>	Asteraceae	Ixodia Daisy
	<i>Leucophyta brownii</i>	Asteraceae	Cushion Bush
	<i>Allocasuarina pusilla</i>	Casuarinaceae	Dwarf Sheoak
Tufted perennials	<i>Rhagodia candolleana</i>	Chenopodiaceae	Sea-berry Saltbush
	<i>Acacia verticillate</i>	Mimosaceae	Prickly Moses
	<i>Dianella revoluta</i>	Phormiaceae	Black-anther Flax-lily
	<i>Lomandra</i> spp.	Lomandraceae	Mat rush
	<i>Patersonia longiscapa</i>	Iridaceae	Long Purple-flag

Dr Raelene Mibus  
South West Institute of TAFE  
154 Hurd St Portland  
Victoria 3305 Australia  
[mibusr@swtafe.vic.edu.au](mailto:mibusr@swtafe.vic.edu.au)

## **Session 5A: Spatial planning and economical assessment of green roofs**

### ***Raumplanerische und ökonomische Bewertung von Gründächern***

# **Bewertung von Dachbegrünungen in der Eingriffsregelung: Analyse deutscher Verfahren und ihrer Anwendung**

**Stefan Zeller, Optigrün international AG, Germany**

## **Abstract**

Nach dem Bundesnaturschutzgesetz und dem Baugesetzbuch ist es das Ziel der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und das Landschaftsbild zu erhalten. Danach sollen Eingriffe möglichst vermieden oder, wenn dies nicht möglich ist, ausgeglichen werden. Dachbegrünungen können einen wichtigen Beitrag dazu leisten, negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild zu minimieren. Die Funktion einer Begrünung steht in direkter Abhängigkeit zur Ausbildungsform. Somit kommt der gezielten, auf den Einzelfall abgestimmten Planung eine große Bedeutung zu, um die Folgen eines geplanten Eingriffes abzumildern oder auszugleichen. Eine Behördenumfrage, die im Rahmen der Arbeit durchgeführt wurde, gibt einen Überblick darüber, in welchem Umfang Dachbegrünungen von öffentlicher Hand gefördert und in Bebauungsplänen festgesetzt werden sowie über die derzeit angewandten Bewertungsverfahren in der Bauleitplanung und Eingriffsregelung. Der Vergleich von 15 Bewertungsverfahren zeigte die Möglichkeiten und Grenzen, der einzelnen Verfahren für die Bewertung begrünter Dächer. Dabei zeigten sich insbesondere in der differenzierten Bewertung von Dachbegrünungen erhebliche fachliche und methodische Mängel, ebenso wird die Erfolgskontrolle längst noch nicht flächendeckend durchgeführt, was die Wirksamkeit geplanter Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen grundsätzlich in Frage stellt. In der Planungspraxis sind gute Handhabbarkeit, Nachvollziehbarkeit, Bewertung aller relevanten Schutzgüter und die Verfügbarkeit der geforderten Datengrundlagen wichtige Kriterien für eine fachlich und methodisch befriedigende Eingriffsbilanzierung. Ein Vergleich verschiedener Bewertungsansätze zeigt bezüglich Untersuchungstiefe, Differenzierung des Dachaufbaus und Anrechnung von Dachbegrünungen als Minimierungsmaßnahme große Unterschiede. Eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung begrünter Dächer ist derzeit noch nicht abzusehen, aufgrund der Nachvollziehbarkeit und Gleichbehandlung jedoch wünschenswert. Die Kriterien für ein einheitliches Verfahren werden aufgeführt und im Einzelnen begründet. Dabei werden die Bereiche allgemeine Anforderungen, Datenerfassung, Bewertung & Bilanzierung sowie Festsetzung, Förderung und Erfolgskontrolle betrachtet. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Flächenknappheit sowohl für Siedlungserweiterung als auch für Ausgleichsmaßnahmen bieten Dachbegrünungen die Möglichkeit, wertvolle Flächen doppelt zu nutzen. Die Aufgabe von Bewertungsverfahren in der Bauleitplanung und Eingriffsregelung ist es, diesen Nutzen für Natur und Mensch zu beurteilen. Die Zusammenhänge des Naturhaushaltes lassen sich aufgrund ihrer Komplexität nicht in allgemeingültige Wertstufen und exakte Zahlenwerte fassen. Deshalb muss auf Grundlage von einheitlichen Vorgaben immer eine Untersuchung und Abwägung des Einzelfalles erfolgen.

## **Valuation of green roofs in intervention programming: Analysis of German methods and their applications**

Following the federal law of the nature conservation and the law book of construction, the goal of conservation-oriented intervention regulation is to maintain ecosystem efficiency and the natural landscape. Later interventions should be avoided or, when not possible, counterbalanced. Green roofs can render an important contribution to minimizing the negative effects on the natural balance of our landscapes. The function that a green roof serves is directly connected to its design. Thus, in order to mitigate or counterbalance the consequences of a planned change, planning is very important. A survey among public authorities, which was conducted within the framework of this study, provides an overview of the extent to which rooftop greening is supported and fixed into development schemes, as well as the current assessment procedures applied in urban land use planning and impact regulation. A comparison of 15 assessment procedures showed the possibilities and boundaries for itemized methods to evaluate green roofs.

A significant technical and methodical lack was thereby shown, particularly with regards to the sophisticated evaluation of green roofs. Likewise, the review of success and results has long not been performed anywhere in the country. As a matter of principle, this puts into question the effectiveness of planned measures for minimization and mitigation.

In the field of planning, manageability, traceability, evaluation of all relevant subjects of protection, and the availability of the stipulated databases containing important criteria are the basis for a technically- and methodically-satisfying counterbalance. A comparison of various evaluation approaches showed major differences with regards to the depth of survey, differentiation of roof design, and the apportionment of green roofs as minimization measures. A nationwide consistent procedure for green roof evaluation is currently not anticipated. However, by virtue of traceability and neutrality of treatment this would be desirable. The criteria for a consistent method were listed and justified in detail. The general categories of requirements, data collection, evaluation and balancing, as well as regulation, promotion and measurement of success were thereby all considered. From the backdrop, where available area is becoming increasingly scarce both for urban expansion as well as compensatory measures, green roofs offer the possibility to use this valuable surface two-fold. The challenge for evaluation methods in town planning and intervention regulation is to assess this benefit for nature and man. Because of their complexities, ecosystem connections cannot be conceived neither in universal value rankings, nor by precise numerical values. Hence, scrutiny and consideration of individual cases must result from a basis of consistent guidelines.

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Die Notwendigkeit, Eingriffe in Natur und Landschaft gemäß § 18 des deutschen Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) auszugleichen und die zunehmende Flächenknappheit für Bauland und Ausgleichsflächen haben inzwischen in vielen Kommunen dazu geführt, dass Dachbegrünungen fester Bestandteil der Bauleitplanung geworden sind. Bei der Bewertung der Wirkungen begrünter Dächer auf den Naturhaushalt ist jedoch bei Planern und Behörden eine erhebliche Unsicherheit festzustellen, da in Deutschland derzeit kein einheitliches Verfahren zur Bewertung von Eingriffen und Ermittlung der eventuell notwendigen Kompensationsmaßnahmen angewandt wird.

Mit der Entwicklung erster Bewertungsansätze für Dachbegrünungen in den neunziger Jahren wurde der Anforderung Rechnung getragen, begrünte Dächer im Rahmen der Bauleitplanung, Eingriffsregelung und Erfolgskontrolle zu berücksichtigen und entsprechend zu bewerten. Diese Ansätze wurden vom Arbeitskreis „Dachbegrünung“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) in der Richtlinie für die „Bewertung von Dachbegrünungen“ (FLL 1998) zusammengefasst. Dieses Bewertungssystem ist zwar grundsätzlich zur Bewertung von Dachbegrünungen im Rahmen der Eingriffsregelung geeignet, lässt sich in der Planungspraxis bisher aber kaum anwenden, da es keine vergleichende Bewertung von Dachbegrünung mit anderen Nutzungs- bzw. Biotopstrukturen (z. B. Ackerland) erlaubt und sich somit nur schwer in bestehende Bewertungsabläufe integrieren lässt.

## **2 Dachbegrünung – gesetzliche, planerische und ökologische Notwendigkeit in der modernen Bauleitplanung**

Die Begrünung von Dachflächen eignet sich in vielen Fällen zur Minimierung der Eingriffswirkungen auf Mensch und Umwelt, wie es im § 19 Abs. 1 BNatSchG gefordert wird. Diese Möglichkeit muss laut dem „Minimierungsgebot“ in jedem Fall geprüft werden. Es entspricht auch dem Verursacherprinzip nach § 19 Abs. 2 BNatSchG, Maßnahmen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft direkt am Ort des Eingriffs durchzuführen und somit dem Verursacher die Verantwortung dafür zu übertragen. Die Grundlage für die Festsetzung solcher Maßnahmen stellt das Baugesetzbuch (BauGB) dar.

Die Planung von begrünten Dächern muss sich neben eventuellen Festsetzungen an den bauphysikalischen Voraussetzungen des Gebäudes sowie den Nutzungs- und Gestaltungswünschen des Bauherren orientieren. Die verschiedenen Ausbildungsformen sind durch ihre Benutzbarkeit, Bauweise, Art der Vegetation sowie die erforderliche Pflege gekennzeichnet (LIESECKE et al. 1989).

Die Möglichkeiten zur Gestaltung des Landschaftsbildes durch begrünte Dächer sind vielseitig. Sie reichen von großflächigen Extensivbegrünungen, um Gewerbegebäude besser in die Umgebung einzufügen bis zu aufwändigen Intensivbegrünungen, die Gebäude zu Kunstwerken machen (MANN 2002a).

Für die Bewertung von Gründächern in der Eingriffsregelung sind deren ökologischen Funktionen und Wirkungen entscheidend. Diese sind sehr vielfältig und hängen ganz von der Ausbildungsform der Dachbegrünung ab (vgl. Liesecke et al 1989).

In eine Gesamtbewertung müssen die Schutzgüter Boden, Wasserhaushalt, Flora, Fauna, Klima und das Landschaftsbild einbezogen werden. Besonders die Regenwasserretention und Entlastung der Kanalsysteme ist für viele Kommunen schon Grund genug, die Begrünung von Dächern anzustreben. Dachsubstrate mit entsprechendem Aufbau können eine ausreichende Filter- und Klärwirkung entfalten, um Regenwasser entsprechend den gültigen Verordnungen schadlos dem Grundwasserhaushalt zuführen zu können (Lienhard & Mann 2002) oder etwa zur Bewässerung zu verwenden.

Auch für die anderen Schutzgüter konnten in den letzten Jahren wichtige Funktionen nachgewiesen werden, so zum Beispiel für die Makrofauna (Mann 1998), oder zahlreiche Pflanzen der Roten-Liste (Krupka 1992), für die solche Standorte unverzichtbare Trittstein- oder Ersatzbiotope darstellen können. Die klimatischen Wirkungen sowohl auf die Gebäude selbst als auch auf das Stadtklima wurden unter anderem von Hörschle & Schmidt (1974) und Kolb & Schwarz (1995) eingehend untersucht und belegt.

### **3 Vergleich eingeführter Bewertungsverfahren**

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Nürtingen<sup>1</sup> wurde untersucht, welche Methoden zur Bewertung von Dachbegrünungen derzeit zur Verfügung stehen und wie sie in der Praxis angewandt werden. Die Ergebnisse aus einer bundesweiten Umfrage bei 2000 Planungsbehörden, einem Fachgespräch mit Planern und Vertretern von Behörden und Industrie, sowie dem Vergleich von 15 eingeführten Bewertungsverfahren weisen darauf hin, dass Dachbegrünung als Möglichkeit der Minimierung von Eingriffen gemäß dem Bundesnaturschutzgesetz § 18 in der Planungspraxis grundsätzlich akzeptiert wird. Die Untersuchungen zeigen aber auch, dass die zahlreich entwickelten Bewertungsverfahren erhebliche Unterschiede in der Vorgehensweise aufweisen (vgl. auch Kiemstedt & Ott 1993, Kiemstedt et al. 1996a) und Gründächer oftmals pauschal bewertet werden, ohne die objektspezifischen Begrünungsarten und -formen zu berücksichtigen.

Um die Eignung verschiedener Verfahren für die Bewertung begrünter Dächer zu vergleichen, wurde die Bebauung eines innerstädtischen Areals mit drei verschiedenen Bewertungsansätzen bilanziert. Es wurde das Bayerische (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1999), das Saarländische (Saarländisches Ministerium für Umwelt 2001) und das Karlsruher Modell (Henz 1998) verwendet. Beim Bayerischen Modell handelt es sich um ein einfach anzuwendendes Verfahren mit Kompensationsfaktoren, beim Saarländischen Modell werden verschiedene biotische und abiotische Faktoren über mehrere Zwischenschritte verrechnet. Das Karlsruher Modell bilanziert jedes Schutzgut getrennt mit einfach zu erhebenden Daten. Die eingangs genannten Erfahrungen wurden fast alle durch die Ergebnisse der beispielhaften Bilanzierung bestätigt und sollen hier zur Diskussion gestellt werden.

### **4 Differenzierte Bewertung von Dachbegrünungen**

Zwar führt die Festsetzung der Dachbegrünung bei allen drei getesteten Verfahren zu einem reduzierten Ausgleichsbedarf, eine intensive Dachbegrünung mit entsprechendem Schichtaufbau und struktureicher Vegetation hätte sich aber bei der Bewertung nach dem Saarländischen Modell nicht im Ergebnis niedergeschlagen. In diesem Verfahren werden Dachbegrünungen ungeachtet der Ausbildungsform mit einem Fixwert angerechnet. Beim Bayerischen Modell ist eine Differenzierung verschiedener Ausbildungsformen zwar grundsätzlich möglich, im vorliegenden Fall war aber aufgrund der geplanten „umfassenden Vermeidungsmaßnahmen“ schon der geringste Kompensationsfaktor angesetzt worden, so dass sich die Ausführung einer höherwertigen Begrünung aus Sicht des Vorhabenträgers nicht lohnen würde. Hier zeigt sich, dass die Bewertung vordefinierter Eingriffssituationen mittels Kompensationsfaktoren zwar eine leichte Handhabung ermöglicht, aber eine einzelfallbezogene Beurteilung nur begrenzt zulässt.

Dem wirkt der Ansatz des Karlsruher Modells mit einer nach oben offenen Skala und der getrennten Bewertung einzelner Schutzgüter entgegen. Damit können auch spezielle Situationen wie unterschiedliche Ausbildungs- und Vegetationsformen von Dächern in der Bewertung differenziert werden. Um den komplexen Zusammenhängen des Naturhaushaltes annähernd gerecht zu werden, sollte die Skala eines Bewertungsverfahrens in jedem Fall in mehr als drei Stufen untergliedert sein und Abweichungen im Einzelfall zulassen.

### **5 Getrennte Bewertung nach Schutzgütern**

Die Ausbildungsform einer Dachbegrünung steht im direkten Zusammenhang mit ihrer „ökologischen Leistungsfähigkeit“, z. B. bei der Retention von Niederschlagswasser oder beim Lebensraumangebot für Tiere. Deshalb ist die

---

<sup>1</sup> Stefan Zeller: „Bewertung begrünter Dächer in Bauleitplanung und Eingriffsregelung – Vergleich, Anwendung, Erfolgskontrolle“ (2002).

Bewertung der einzelnen Funktionen und ihrer Auswirkungen auf die jeweiligen Schutzgüter unumgänglich und sollte jeder Eingriffsbilanzierung zugrunde liegen. Bei natürlichen oder naturnahen Vegetationseinheiten wie z. B. Wäldern oder Saumgesellschaften mag der Biotoptyp allein noch eine ausreichende Aussage über den Standort zulassen, bei intensiv vom Menschen genutzten Flächen, beispielsweise Ackernutzung, tritt das Potenzial des Standorts durch Bodenbearbeitung, Düngung, Biozideinsatz usw. in den Hintergrund.

Ausgleichsforderungen können in den meisten Fällen nur durch die Bewertung aller Schutzgüter einschließlich des Landschaftsbildes fachlich begründet und nachvollziehbar abgeleitet werden (vgl. KIEMSTEDT et al. 1996b, LFU 2000).

## **6 Gewichtung von Einzelwerten in der Bilanzierung**

Werden alle Schutzgüter bzw. Funktionen getrennt erfasst und bilanziert, stellt sich das Problem der Gewichtung der Einzelfaktoren. Denn selbst bei einer getrennten Bilanz muss aus den Einzelwerten ein Endergebnis abgeleitet werden, aus dem sich schließlich die Minimierung durch Vermeidungsmaßnahmen sowie der Flächenbedarf für Ausgleichsmaßnahmen bestimmen lässt. Beim Saarländischen Modell sind die Biotoptypen und somit die Zusammensetzung der Flora und Fauna ausschlaggebend für die Bewertung, wenn auch weitere Faktoren berücksichtigt werden. Auch beim Karlsruher Modell ist die Gewichtung mit Schwerpunkt auf Pflanzen und Tiere auf das Ziel ausgerichtet, entwickelte Biotope zu schützen. Bei beiden Modellen ist die Gewichtung fest vorgegeben. Das Bayerische Modell hingegen gibt dem Planer die Möglichkeit, andere Faktoren wie z. B. Bodenfunktionen als wertgebendes Kriterium in den Vordergrund zu stellen. Das ist besonders dann wichtig, wenn beispielsweise ein Acker zwar als geringwertiger Biotoptyp eingestuft würde, der Standort aber wichtige Filterfunktionen für den Wasserkreislauf erfüllt und somit diese Funktion für die Planung der Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen im Vordergrund stehen muss. Auch für die Planung von Dachbegrünungen ist bei der Gewichtung der Einzelfaktoren eine Orientierung an der lokalen Situation sinnvoll, um mit einer entsprechenden Begrünungsform gezielt die wichtigsten bzw. am meisten betroffenen Funktionen vom Boden auf das Dach zu übertragen. Eine starre Gewichtung der Schutzgutbewertung ist deshalb sehr kritisch zu betrachten und fachlich schwer zu begründen, weil dadurch leicht die fachliche Abwägung durch eine rein mathematische Kalkulation ersetzt wird.

## **7 Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Verfahren**

Die Handhabbarkeit eines Verfahrens in der Praxis ist zwar aus ökologischer Sicht nicht das oberste Gebot, aber Voraussetzung dafür, dass es sich in den Planungsbüros etabliert und fachlich richtig angewandt wird. Verfahren, die in der Datenerfassung und Bewertung zu aufwändig vorgehen, werden unter zunehmendem wirtschaftlichem Druck bei der Vergabe von Planungsaufträgen selten zum Zug kommen. Zudem werden selbst detaillierte und fachlich fundierte Gutachten zur Eingriffsbilanzierung nur dann die gewünschte Wirkung erzielen, wenn sie übersichtlich und nachvollziehbar gestaltet sind (vgl. BASTIAN & SCHREIBER 1999). Dies hat auch großen Einfluss auf deren Akzeptanz, da die Entscheidungen letztendlich von fachfremden Verwaltungsgremien abgewogen und der Öffentlichkeit vermittelt werden müssen.

Mit dem Bayerischen Modell wurde durch die Ermittlung von Kompensationsfaktoren bewusst ein übersichtliches und relativ einfach zu bearbeitendes Verfahren entwickelt (BUSSE et al. 2001), es wird aber in der Anleitung darauf hingewiesen, dass in Einzelfällen vertiefende Untersuchungen notwendig sein können. Im Praxisbeispiel zeigt sich diese Notwendigkeit bei der Bewertung der Dachbegrünung, wo die Benutzerfreundlichkeit des Verfahrens zu Lasten einer ausreichenden Bewertungstiefe geht. Das Saarländische Modell ist trotz zahlreicher Einzelwerte und Ableselisten durch die genaue Anleitung für den Planer gut zu bearbeiten. Allerdings erschweren viele Einzeltabellen und mehrere Verrechnungsschritte die Einschätzung, wie stark sich einzelne Faktoren auf das Gesamtergebnis auswirken. Im Karlsruher Modell ist die Bewertung durch getrennte Auflistung sowohl der Schutzgüter als auch der Teilflächen gut nachvollziehbar. Dies wird durch eine Kurzbeschreibung jeder Einzelfläche auf den Bewertungsbögen unterstützt. Die Bewertungstabellen und eine kurze Beschreibung stehen als Anleitung zur Verfügung, außerdem wurden in der Fachliteratur Bewertungsbeispiele vorgestellt (HENZ 1998). Im Saarländischen Modell sind beispielhafte Tabelleneinträge dargestellt. Vollständige Bilanzierungsbeispiele sind nur im Leitfaden des Bayerischen Modells dargestellt und für eine erstmalige Bearbeitung sehr hilfreich.

## 8 Notwendigkeit einer einheitlichen Methode

Mit der beispielhaften Bilanzierung wurden drei Ansätze untersucht, die sich vor allem im Umfang der Datenerfassung, der Bearbeitungstiefe, dem Bewertungs- und Bilanzierungsmodus sowie der Bewertung begrünter Dächer gravierend unterscheiden. Die Schlussfolgerungen daraus spiegeln auch die aktuelle Problematik von Bewertungsfragen in der Landschaftsplanung wider (vgl. STÖTZER 1996, KIEMSTEDT et al. 1996a, KÖPPEL et al. 1998, BUNZEL 2000), die sich darin äußert, dass gleichartige Eingriffe aufgrund der Anwendung unterschiedlicher Bewertungsverfahren zu großen Unterschieden bei der geforderten Fläche und Qualität von Kompensationsmaßnahmen führen. Diese Tatsache ist den Trägern von Bauvorhaben und der Öffentlichkeit nur schwer zu vermitteln (KÖPPEL et al. 2001). Unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Bewertung von Eingriffen ergeben sich auch durch länderspezifische Gesetze, Verordnungen und Vorgaben (vgl. KIEMSTEDT et al. 1996b) sowie regionalspezifische Besonderheiten oder Schwerpunkte im Naturschutz (vgl. BUSSE et al. 2000).

Anhand der aufgezeigten Kriterien kann für jeden Planungsfall geprüft werden, welches Verfahren den Anforderungen im Einzelfall am nächsten kommt. Es kann festgehalten werden, dass die Vorgehensweise des Karlsruher Modells den Anforderungen einer fachlich fundierten, differenzierten und trotzdem nachvollziehbaren Bewertung von Dachbegrünungen am ehesten entspricht. Der Ansatz dieses Modells könnte deshalb bei Änderung der oben genannten Kritikpunkte als Basis für die Entwicklung eines einheitlichen Verfahrens dienen.

Im Bundesland Baden-Württemberg werden derzeit im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) „Empfehlungen für die Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft in der Bauleitplanung [...]“ erarbeitet (KÜPFER 2004). Diese sollen zumindest landesweit eine Erhöhung der Rechtssicherheit durch Harmonisierung geben. Eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung von Dachbegrünungen in der Eingriffsregelung und Bauleitplanung ist aus Gründen der Vergleichbarkeit, Nachvollziehbarkeit sowie der Gerechtigkeit und gesetzlichen Konformität wünschenswert und sollte deshalb auf lange Sicht entwickelt werden. Das muss nicht bedeuten, dass künftig alle anstehenden Fragen der Bewertung von Dachbegrünungen nach einem starren Berechnungsverfahren abgearbeitet werden. Vielmehr könnte eine weiter gefasste, aber einheitliche Anleitung die Grundlage für eine naturraum- bzw. objektspezifische Bewertung bieten. In der Arbeit wurden eingeführte Verfahren untersucht und die aktuelle Praxis der Bewertung begrünter Dächer analysiert. Die gesetzlichen, fachlichen und methodischen Kriterien, die daraus abgeleitet wurden, sollten als Mindeststandards für Bewertungsverfahren gelten. Für die Formulierung der Bewertungsparameter, die für Dachbegrünungen angewandt werden sollen, bieten eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen sowie der Bewertungsschlüssel der FLL (1998) eine fachlich fundierte Basis.

Die Frage, wie hoch nun bestimmte Begrünungsformen bewertet werden sollten, war nicht Gegenstand der Arbeit. Allerdings ist in Anbetracht der vielfältigen Funktionen von Gründächern die Einstufung mancher Bewertungsverfahren zu überprüfen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Gründächer bei entsprechender Ausbildungsform größere positive Auswirkungen auf den Naturhaushalt entfalten, als bisher in vielen Verfahren berücksichtigt wird. Unabhängig vom Verfahren, das zur Bewertung von Dachbegrünungen herangezogen wird, sind folgende drei Kernpunkte für den Erfolg einer behutsamen Siedlungsplanung mit Dachbegrünungen entscheidend:

## 9 Das Minimierungsgebot in der Eingriffsregelung

Das Minimierungsgebot (§ 19 Abs. 1 BNatSchG) mit der Verpflichtung, Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes zu vermeiden hat eindeutig Vorrang vor Ausgleichsmaßnahmen (KÖPPEL et al. 1998). KIEMSTEDT et al. (1996b) sehen in einer effektiveren Umsetzung des Minimierungsgebots dringenden Handlungsbedarf. Demnach muss die Möglichkeit, ein Bauvorhaben durch Begrünung zu optimieren, in jedem Falle geprüft werden. Zudem zwingt die zunehmende Knappheit von Grundstücken für städtisches Grün sowie für Ausgleichsmaßnahmen außerhalb der Siedlungsbereiche zu einem sparsamen Umgang mit Flächen. Dachbegrünungen verringern zwar nicht das Maß der Bebauung, ermöglichen aber die doppelte Nutzung einer Fläche sowohl als Siedlungsfläche als auch zur Minderung des Eingriffs, der durch die Bebauung entstanden ist, ohne dafür zusätzliche Grundstücke in Anspruch nehmen zu müssen.

## 10 Festsetzung von Dachbegrünungen

Die Festsetzung von Dachbegrünungen ist in vielen Kommunen fester Bestandteil von Bebauungsplänen, wie auch die Behördenumfrage gezeigt hat. In Stuttgart werden Dachbegrünungen schon seit fast 30 Jahren in Bebauungsplänen festgesetzt (ACKERMANN 1992). Von Planern wird allerdings kritisiert, dass die Formulierung der Festsetzungen oft zu unpräzise sind und zu sehr unterschiedlichen Auslegungen der Bauherren führen was die Ausbildungsform, Qualität

und anschließende Pflege der Begrünung betrifft. Problematisch ist auch, dass die Begrünungsmaßnahmen im Bebauungsplan festgesetzt werden müssen, bevor die Ausführungsplanung auf Objektebene einsetzt, so dass zum Zeitpunkt der Festsetzung oft nicht einmal die Gebäudeformen bekannt sind. Hinweise zur Formulierung von Festsetzungen im Bebauungsplan geben DÜRR (1994a), die FBB (1997) und BUNZEL (2000). Dachbegrünungen sollten auf die zu erreichenden Ziele, z. B. klimatische Verbesserung, abgestimmt sein und in der Festsetzung präzise formuliert werden, wenn sie effektiv zur Minderung von Eingriffen beitragen sollen. Zielgerichtete Festsetzungen und professionelle Planung verbessern sowohl die natürlichen Funktionen als auch die Lebensqualität in den Städten.

## 11 Erfolgskontrolle

Die Abarbeitung der Eingriffsregelung wird oft mit der Fertigstellung der Begrünungsmaßnahme beendet (MANN 2001a), ohne die langfristige Sicherung durch eine fachgerechte Fertigstellungs- und Entwicklungspflege zu gewährleisten. Die Gründe dafür reichen von ungeklärter Trägerschaft und Finanzierung (LFU 2000), mangelnder Fachkompetenz der Bauaufsicht (DÜRR 1994a), der Tatsache, dass Dachbegrünungen zum Zeitpunkt der Baufertigstellung noch nicht im abnahmefähigen Zustand sind (DÜRR 1994a) bis hin zur schlechten personellen Ausstattung mancher Naturschutzbehörden, denen die Kontrolle der Erfüllung von Auflagen im Rahmen der Eingriffsregelung unterliegt (KÖPPEL et al. 1998).

Problematisch ist dabei vor allem, dass die Maßnahmen dann ihr naturschutzfachliches Ziel verfehlen können und somit nicht effektiv zur Minderung des Eingriffs beitragen (vgl. KÖPPEL et al. 1998). Zielerreichungskontrollen können auch dazu dienen, neuartige Maßnahmen wissenschaftlich zu begleiten und Erkenntnisse für zukünftige Planungen zu gewinnen (vgl. KIEMSTEDT et al. 1996b, DIERBEN & RECK 1998). KIEMSTEDT & OTT (1993) empfehlen deshalb, dass ein Bewertungsverfahren Vorgaben über Art, Umfang und Zeitraum der Erfolgskontrolle machen sollte. Als Mindeststandard sind Herstellungskontrollen, vergleichbar der Bauabnahme, anzusehen, die die Ausführung der Maßnahme entsprechend der Genehmigung überprüft (KIEMSTEDT et al. 1996b).

Der langfristige Erfolg von Dachbegrünungen als Möglichkeit zur Eingriffsminimierung, städtebaulichen Gestaltung und Verbesserung des menschlichen Wohnumfeldes muss glaubhaft nachgewiesen werden. Nur dann kann die Begrünung von Dächern eine breite Unterstützung finden und ein beständiges Element städtebaulicher und naturschutzfachlicher Planungen werden. Eine fachlich fundierte Bewertung mit einer einheitlichen Methode ist ein erster Schritt, um dieses Ziel zu erreichen.

## 12 Zusammenfassung

Anhand des Vergleichs verschiedener Bewertungsansätze konnten die einzelnen Merkmale der Verfahren bezüglich der differenzierten Bewertung begrünter Dächer, Erfüllung fachlicher und rechtlicher Anforderungen, Handhabbarkeit und Nachvollziehbarkeit überprüft werden. Das Bayerische, das Saarländische und das Karlsruher Modell wiesen dabei erhebliche Unterschiede auf. Das Karlsruher Modell erfüllt die meisten Anforderungen, die aufgrund der vorangegangenen Untersuchungen aufgestellt werden konnten. Einige Punkte sind aber auch hier noch nicht zufriedenstellend gelöst, wie beispielsweise die Gewichtung der Schutzgüter bei der Bilanzierung.

Eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung begrünter Dächer ist derzeit noch nicht abzusehen, es können hier aber einige Aspekte aufgezeigt werden, die dafür sprechen. Als Grundlage für die Entwicklung eines einheitlichen Verfahrens sollten auf Basis der oben angeführten Untersuchungen folgende Kriterien gelten:

### Grundsätze

- Bewertungsverfahren müssen sich flexibel an die Problemstellung der jeweiligen Aufgabenstellung anpassen, um einer fachlich fundierten Einzelfallbewertung gerecht zu werden.
- Alle Verfahrensschritte müssen in einem der Planungsebene angemessenen Aufwand und für alle Beteiligten nachvollziehbar durchgeführt werden können.
- Das gesetzlich verankerte Gebot „Minimierung vor Ausgleich“ muss stärker in den Vordergrund gestellt werden, um so die Beeinträchtigung des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes so gering wie möglich zu halten. Dachbegrünungen können dabei großflächig (Teil-) Funktionen übernehmen, die durch den geplanten Eingriff beeinträchtigt oder zerstört werden.
- Anleitungen und Anwendungsbeispiele sind für Planer und Behörden unverzichtbar, um ein Verfahren fachgerecht anzuwenden.

### **Datenerfassung**

- Alle Schutzgüter müssen erfasst und beurteilt werden, um damit die ganze Bandbreite möglicher Beeinträchtigungen zu erfassen.
- Die Bearbeitungsbreite (Umfang) und- tiefe (Detaillierung) sollen als Mindeststandards vorgegeben sein

### **Bewertung und Bilanzierung**

- Die Bilanzierung muss nach Schutzgütern getrennt erfolgen und für alle beteiligten Planungsinstanzen nachvollziehbar sein.
- Werte, z. B. für einzelne Biotoptypen, sollen nicht fest vorgegeben werden. Diese Entscheidung muss im Einzelfall getroffen werden. Zur Orientierung sind jedoch „Werte-Bereiche“ empfehlenswert, innerhalb derer für Einzelflächen der Wert bestimmt werden kann.
- Eine fest vorgegebene Gewichtung der Schutzgüter bei der Bilanzierung ist in vielen Fällen fachlich nicht begründbar, die Gewichtung sollte im Einzelfall entsprechend der jeweiligen Bedeutung für das Gebiet vorgenommen werden.
- Auch ein einheitliches Bewertungsverfahren muss regionale oder lokale Besonderheiten des jeweiligen Naturraumes berücksichtigen.
- Die Qualität der Funktionen, die Dachbegrünungen im Naturhaushalt übernehmen können, hängen zum größten Teil von der Ausbildungs- und Begrünungsform ab. Diese müssen deshalb differenziert und in der Bandbreite aller Schutzgüter betrachtet werden.

### **Festsetzungen, Förderung und Erfolgskontrolle**

- Festsetzungen von Dachbegrünungen in Bebauungsplänen sind ein wirksames Instrument zur Minderung von Eingriffen. Damit die Dachbegrünungen tatsächlich die geplante Wirkung erreichen, müssen die Festsetzungen bezüglich der Ausbildungs- und Vegetationsform präzise und nachprüfbar formuliert werden.
- Die Begrünung von Dachflächen entlastet die öffentlichen Kassen direkt und indirekt z. B. durch verminderten und verzögerten Abfluss von Niederschlagswasser, geringere Belastung des Stadtklimas. Diese Vorteile sollten durch direkte Förderung oder Nachlass bei den Abwassergebühren an die Bauherren weitergegeben werden.
- Die fachgerechte Ausführung und Pflege ist Voraussetzung für die Langlebigkeit und Wirksamkeit von Dachbegrünungen. Um die Ausführung gemäß Festsetzungen zu überprüfen und Erfahrungen für die weitere Forschung zu erhalten, müssen Erfolgskontrollen von unabhängigen, qualifizierten Gutachtern vorgenommen werden.

Das Ausmaß der Flächenversiegelung durch den Siedlungs- und Verkehrsbau und damit der großflächige Verlust natürlicher Funktionen ist besorgniserregend. Mit der Begrünung von Dächern kann diese Entwicklung nicht aufgehalten werden, dazu bedarf es eines gesellschaftlichen sowie politischen Umdenkens. Dachbegrünungen können aber entscheidend dazu beitragen, die Auswirkungen von derartigen Eingriffen in den Naturhaushalt so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig die Wohn- und Lebensqualität unserer Städte zu verbessern. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Flächenknappheit sowohl für Siedlungserweiterung als auch für Ausgleichsmaßnahmen bieten Dachbegrünungen die Möglichkeit, wertvolle Flächen doppelt zu nutzen. Die Aufgabe von Bewertungsverfahren in der Bauleitplanung und Eingriffsregelung ist es, diesen Nutzen für Natur und Mensch zu beurteilen. Die Zusammenhänge des Naturhaushaltes werden sich aufgrund ihrer Komplexität nie in allgemeingültige Wertstufen und exakte Zahlenwerte fassen lassen. Deshalb muss auf Grundlage von einheitlichen Vorgaben immer eine Untersuchung und Abwägung des Einzelfalles erfolgen.

### 13 Literaturverzeichnis

- ACKERMANN, A.** (1992): Begrünte Dächer und Freiräume – Modeerscheinung oder ökologische Notwendigkeit? – Dach + Grün 1, 3-9
- BASTIAN, O.; SCHREIBER, K.-F.** (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft  
Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung vom 23. September 2004
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN** (1999): Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft – Eingriffsregelung in der Bauleitplanung  
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in der Fassung vom 25. März 2002
- BUNZEL, A.** (2000): Arbeitshilfe Umweltschutz in der Bebauungsplanung
- BUSSE, J., DIRNBERGER, F., PRÖBSTL & U.; SCHMID, W.** (2001): Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung in der Bauleitplanung mit Erläuterungen zum Ökokonto
- DIERBEN, K. & RECK, H.** (1998): Konzeptionelle Mängel und Ausführungsdefizite bei der Umsetzung der Eingriffsregelung im kommunalen Bereich. – Naturschutz und Landschaftsplanung 11, 341-345
- DÜRR, A.** (1994a): Dachbegrünung: Ein ökologischer Ausgleich; Umweltwirkungen, Recht, Förderung
- FBB FACHVEREINIGUNG BAUWERKSBEGRÜNUNG E. V.** (1997): Verankerung von Dachbegrünungen im kommunalen Baurecht durch Festsetzungen im Bebauungsplan oder kommunale Satzungen
- FLL FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E. V.** (1998): Bewertung von Dachbegrünungen – Empfehlungen zur Bewertung in der Bauleitplanung, bei der Baugenehmigung und bei der Bauabnahme
- HENZ, A.** (1998): Das Karlsruher Modell – Ermittlung von Eingriff und Ausgleich in Bebauungsplanverfahren. - Naturschutz und Landschaftsplanung 11, 345-349
- HÖSCHELE, K. & SCHMIDT, H.** (1974): Klimatische Wirkungen einer Dachbegrünung
- KEPPEL, H., EICHLER, B., HAGE, G.** (2001): Beiträge zur Stadtentwicklung Rottenburg am Neckar – Ökokonto-Modell
- KIEMSTEDT, H. & OTT, S.** (1993): Methodik der Eingriffsregelung. Teil I: Synopse. Schriftenreihe 4  
Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)
- KIEMSTEDT, H., OTT, S. & MÖNNECKE, M.** (1996a): Methodik der Eingriffsregelung. Teil II Analyse. Schriftenreihe 5  
Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)
- KIEMSTEDT, H., OTT, S. & MÖNNECKE, M.** (1996b): Methodik der Eingriffsregelung. Teil III: Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung der Eingriffsregelung nach § 8 Bundesnaturschutzgesetz. Schriftenreihe 6  
Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)
- KOLB W. & SCHWARZ T.** (1995): Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern: 1. Kühlleistung verschiedener Gräser-Kräuter-Mischungen und Stauden bei Intensivbegrünungen. – Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege 9-13
- KÖPPEL, J., FEICKERT, U., SPANDAU L. & STRABER H.** (1998): Praxis der Eingriffsregelung – Schadensersatz an Natur und Landschaft?
- KRUPKA, B.** (1992): Dachbegrünung – Pflanzen- und Vegetationsanwendung an Bauwerken
- KÜPFER, C.** (2004): Empfehlungen für die Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft in der Bauleitplanung, Ermittlung von Art und Umfang von Kompensationsmaßnahmen sowie deren Umsetzung
- LFU LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG** (2000): Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung in der Bauleitplanung – Arbeitshilfe für die Naturschutzbehörden und die Naturschutzbeauftragten
- LIENHARD, M. & MANN, G.** (2002): Schichtaufbau der Dachbegrünung als belebte Bodenzone. – Dach + Grün 3, 33-35
- LIESECKE, H.-J., KRUPKA, B., LÖSKEN, G. & GRÜGGEMANN, H.** (1989): Grundlagen der Dachbegrünung – Zur Planung, Ausführung und Unterhaltung von Extensivbegrünungen und Einfachen Intensivbegrünungen
- MANN, G.** (1998b): Vorkommen und Bedeutung von Bodentieren (Makrofauna) auf begrünten Dächern in Abhängigkeit von der Vegetationsform. – Diss. Univ. Tübingen
- MANN, G.** (2001a): Mit Dachbegrünung Zukunft sichern. – Dach + Grün 3, 3
- MANN, G.** (2002a): Ein Grünwerk Marke Hundertwasser für's menschliche Wohlbefinden. – Dach + Grün 1, 20-22
- SAARLÄNDISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT** (2001): Leitfaden Eingriffsbewertung – Methode zur Bewertung des Eingriffes, der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung sowie Maßnahmen des Ökokontos, 3. überarbeitete Auflage
- STÖTZER, J.** (1996): Die Bewertung des Eingriffes und seine „Umrechnung“ in Ausgleichsflächen und -zahlungen. – In: Forum für Stadtentwicklungs- und Kommunalpraxis e. V. (1996): Naturschutzrechtliche Eingriffsregelungen und kommunale Bauleitplanung

Stephan Zeller, Optigrün international AG  
Am Birkenstock 19  
D-72505 Krauchenwies, Deutschland  
zeller@optigruen.de

# Gründächer als Baustein nachhaltiger Architektur

**Maik W. Neumann, Dipl.-ing. Architekt, Neumann Architekten, Stuttgart, Germany**

## Abstract

Entsprechend dem aktuellen Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung im Baubereich wird derzeit durch die Begrünung von Dächern dazu beigetragen, ökonomische, ökologische und soziale Aspekte gleichberechtigt in einer Planung zu integrieren. Als Grundlage ist es erforderlich, die methodische Basis für eine Bewertung von Bauprodukten, Bauprozessen, Bauteilen, Bauwerken und städtebaulichen Lösungen zu diskutieren, weiterentwickelnd an die Besonderheiten des Bauwesens und die Arbeitsweise der Entscheidungsträger anzupassen sowie umsetzungsbereit zur Verfügung zu stellen. Gerade wenn wir uns zum Beispiel mit der Frage der Bewertung der Effizienz eines Gründachs beschäftigen, ist es ganz entscheidend, Aufwand und Nutzen jeweils aus der spezifischen Sicht der Akteure, zum Beispiel Bauherr und Nutzer zu beurteilen. Bei der Entwicklung solcher sichtspezifischer Werkzeuge und Bewertungsverfahren sollen jedoch nicht nur monetäre Größen verwendet werden, sondern zusätzlich und ergänzend auch Kriterien wie Ressourceninanspruchnahme und Umweltbelastung. Eben diese Bewertung ist Gegenstand meiner wissenschaftlichen Arbeit an der Universität Stuttgart und wird beispielhaft und anschaulich durch Bewertungsinstrumente dargestellt und interpretiert. Der zweite Teil des Vortrags behandelt die Umsetzung dieser Erkenntnisse anhand von beispielhaften Bauwerken.

## Green roofs as building blocks for sustainable architecture

Pursuant to the current model of sustainable development in the building domain, at present rooftop greening contributes the equal integration of economic, ecological and social aspects into planning. Fundamentally, it is essential to discuss the methodological basis for the evaluation of building products and -processes, devices, structures and urban construction solutions, advancing to conforming architectural features to the modes of operation of policy makers, as well as simply being ready for implementation. If we now occupy ourselves with the question of evaluating the efficiency of a green roof, it is fully decisive to judge expenditure and use out of the respective view of the actors, for example building owner and user. Beyond monetary factors, however, the development of such perspective-specific tools and evaluation techniques should extend also to additional and complementary criteria, like resource usage and pollution. Precisely this evaluation is the topic of my research at the University of Stuttgart, which will be presented and interpreted by means of evaluation instruments. The second part of the presentation will deal with the application of these findings by means of exemplary buildings.

Umweltkatastrophen, globale Erwärmung, Feinstaubbelastung, Überschwemmungen und erhöhte UV-Strahlung sensibilisieren die Gesellschaft durch ihre zunehmende Dominanz in den Medien. Daraus resultiert, dass umweltgerechtes Leben weitestgehend aus der Nische der belächelten Ökobewegung herauswächst und bereits wesentlich für die angestrebte hohe Gesamtqualität des Lebens und der Umwelt wurde. Umweltbewusste Verhaltensweisen werden zusätzlich durch finanzielle Anreize in Form von Subventionen, Preisnachlässen oder Rabatten gefördert. Hinzu kommt, dass geringerer Verbrauch von Benzin, Wasser, Strom und anderem ohnehin in Einsparungen resultiert.

Konsequenterweise hat auch die Werbung erkannt, dass eine saubere Umwelt als Teil der angestrebten Lebenswelt imagefördernd für Produkte und deren Käufer ist. Die Werbepsychologie bedient sich hierbei der Sehnsucht nach Romantik, Harmonie und Sauberkeit und wirbt mit idyllischen Landschaften für Bier, Reiseunternehmen, Waschmittel. Umweltgerechtes Leben, so scheint es, gilt zwar als gesellschaftlich akzeptiert und gewünscht, doch wird es offensichtlich nur selten hinterfragt. Betrachtet man die alltäglichen, vermeintlich „umweltfreundlichen“ Verhaltensweisen einmal genauer, stellen sich diese allzu schnell als oberflächlich und desorientiert dar und bewirken im Zweifel das Gegenteil dessen, was sie ursprünglich suggerieren. Dann stellt man fest, dass Mülltrennung statt Müllvermeidung praktiziert wird, das Fahren sparsamer Autos statt Kilometerreduzierung oder dem Benutzen öffentlicher Verkehrsmittel, die Spartaste der Toilettenspülung statt Grauwassernutzung, usw.

Es scheint, als würde die Zeichenhaftigkeit einer Sache höher bewertet als die Sache an sich. Dies gilt unter anderem für Solarzellen, welche mittlerweile als Symbol für nachhaltiges, ökologisches Bauen stehen. Sie sind in ihrer

Energiebilanz jedoch mäßig zu bewerten, da sie im besten Fall lediglich das 15-fache der Energie liefern, die für ihre Herstellung, Montage, Wartung und deren Recycling aufgebracht werden muss.

Auch Gründächer haben eine hohe Signalwirkung. Zwar bieten sie eine Reihe von positiven Wirkungen, welche vor allem im Mikroklimatischen und im Wasserhaushalt zu finden sind, doch liegt die Anfangsmotivation an dem bereits erwähnten Image, dass diese Baumaßnahmen transportieren: Grüne Pflanzen sind per se romantisch: Der schöne Garten, die entspannende Wiese mit Gräsern, Vögeln, darüber blauer Himmel und die Sonne. Dies alles sind klischeebeladene Bilder, die mit Natur, Reinheit und Wohlbefinden assoziiert werden. Doch diese emotionale, eindimensionale, isolierte Betrachtung birgt die Gefahr, dass Gründächer mit der Dominanz ihrer auslösenden Assoziationen andere Aspekte in den Hintergrund drängen. Grün lediglich als Symbol umweltgerechten, nachhaltigen Bauens? Das wird weder dem Gründach noch dem nachhaltigen Bauen gerecht und hilft lediglich der kurzfristigen Vermarktung.

Möglicherweise ist ein grünes Dach auf einem intensiv energieverbrauchenden Bürohaus besser, als ein Dach mit Kiesschüttung oder gar mit einer Blechabdeckung. Doch ändert das Gründach vergleichsweise geringfügig die gegebenenfalls verheerenden Sach- und Wirkungsbilanzen des Gebäudes selbst. Die Signalwirkung des Daches als Einzelmaßnahme lenkt davon ab. Geringe Einsparungen bei Abwassergebühren und Ausgleichsmaßnahmen sind das Ergebnis verschiedener Kosten-Nutzen-Analysen. Weitaus bessere Ergebnisse könnten erzielt werden, würde man konzeptionell weiter denken.

Schließlich signalisiert die Entscheidung für ein Gründach bereits eine grundsätzliche Bereitschaft, positiv auf den Wasserhaushalt einzuwirken. Ein Themenschwerpunkt des ökologischen Bauens, in dem Dachbegrünungen zweifelsfrei anzusiedeln sind. Es wäre somit naheliegend, diese Chance zu nutzen und weiterführende Schritte zu ergreifen, in die sich das Gründach integriert:

Der Planer, die ausführende Firma oder bzw. der Hersteller könnte nach dem Anfangskontakt auf der Grundlage einer zielorientierten Analyse der spezifischen wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen; nach der Betrachtung aller potentiellen Lösungsansätze aus der Vielzahl der möglichen Maßnahmen ein in sich stimmiges Maßnahmenbündel zusammenstellen. Dieses würde sich über die beiden übergeordneten Themen Trinkwasser bzw. Regenwasser weiterführend auf die Ziele der Verminderung des Wasserverbrauchs, des Wasserrecyclings, der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung und der naturnahen dezentralen Abwasserbehandlung konzentrieren. Dies bedeutete eine maßgeschneiderte Lösung für das jeweilige Projekt in der jeweiligen Situation.

Doch worin liegt die Ursache dafür, dass Bauherren zumeist nicht auf solch integrale Lösungen setzen, sondern sich vielmehr auf Einzelmaßnahmen ökologischen Bauens beschränken? Die Antwort ist hauptsächlich in der geringen Risikobereitschaft zu suchen. Wenn die Investitionsmittel für den Bauherren knapp bemessen sind, besteht zunächst wenig Bereitschaft zum Bau von solchen Ausgleichsmaßnahmen, auch wenn diese sich über die Nutzungsdauer rentieren. Die Reduzierung des finanziellen Risikos von Baumaßnahmen steht statistisch an erster Stelle der Forderungen von privaten und öffentlichen Bauherren.

Anders ausgedrückt: Im heutigen wirtschaftlichen Umfeld wird bei ökologischen Maßnahmen ein besonderes Augenmerk auf die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit im Vergleich mit herkömmlichen Konzepten gelegt. Dies ist sicher verständlich, da der Kostenfaktor eine Voraussetzung für die Umsetzung von ökologischen Lösungen ist. Der Fehler liegt jedoch in der kurzfristigen Betrachtungsweise. Vielmehr müsste deutlich herausgestellt werden, dass ökologische Gesamtkonzepte langfristig ausgerichtet sind und unter anderem auf die Reduzierung der Betriebs- und Unterhaltskosten eines Gebäudes abzielen. Diese liegen immerhin für die 50-jährige Lebensdauer eines Standardgebäudes beim 5 bis 6-fachen der erwähnten Anfangskosten.

Im Umkehrschluss könnte also die gezielte Veranschaulichung der langfristigen ökonomischen Vorteile von Gesamtmaßnahmen den Abbau kurzfristiger wirtschaftlicher Vorbehalte bedeuten. Es bedarf also schlüssiger Nachweise dafür, dass umfassende ökologische Maßnahmen auch für den späteren Nutzer des Gebäudes wirtschaftlich sind. So könnten ganzheitliche Denkweisen in besonderem Maße gefördert werden, indem man möglichst früh im Planungsprozess das finanzielle Risiko minimiert und eine wirtschaftliche Planungssicherheit anstrebt.

Durch eine verbesserte Kommunikation und die Bereitstellung handhabbarer Kriterien und Methoden, kann eine Entschärfung dieses offensichtlich vorhandenen Konflikts zwischen jenen, die hauptsächlich die ökonomische Seite im Blick haben, und anderen, die sehr idealistisch mit den Fragen des ökologischen Bauens umgehen, stattfinden. Dies steht im Mittelpunkt meiner Arbeit als Dozent der Universität Stuttgart: Die Analyse und Bewertung der Wechselwirkung von Ökonomie und Ökologie in ganzheitlichen Systemen.

Wenn wir uns mit isolierten Einzelaspekten wie der Frage der Bewertung der Effizienz eines Gründachs beschäftigen, ist es ganz entscheidend, Aufwand und Nutzen jeweils aus der spezifischen Sicht der Akteure, zum Beispiel Nutzer, Gesellschaft und Umwelt, über den gesamten Lebenszyklus hinweg bezogen auf Sach- und Wirkungsbilanz zu beurteilen. Ein Ergebnis unserer Arbeit zeigt, dass sich ein Gründach im monetären Bereich über seine Lebensdauer amortisieren kann, was natürlich abhängig von der Qualität der Verarbeitung ist. In der energetischen Betrachtung jedoch kann beispielsweise die Distanz zwischen dem Produktionsort der einzelnen Schichten und dem späteren Standort des Gebäudes den Ressourcenverbrauch signifikant verändern und damit den Einsatz der gesamten Maßnahme durch eine negative Energiebilanz in Frage stellen.

Aus diesem Grund werden bei der von uns durchgeführten Entwicklung solcher sichtspezifischer Werkzeuge und Bewertungsverfahren nicht nur monetäre Größen verwendet, sondern zusätzlich und ergänzend auch Kriterien wie Ressourceninanspruchnahme und Umweltbelastung. Trotz unserer Erfolge der genaueren Analyse und Bewertung verschiedener nachhaltiger Gebäude hinsichtlich der Vermittlung zwischen Ökologie und Ökonomie bleibt das Thema komplex. Standardlösungen sind kaum möglich. Dafür sind die in der Forderung der Weltkonferenz von Rio 1992 beinhalteten gleichwertigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte zu weitreichend. Die daraus resultierenden ökologischen Gesamtkonzepte werden für die Gebäudeplanung in seiner Konsequenz nicht als isolierte Größe begriffen, sondern sollten erst zusammen mit seiner Umgebung als ein Ganzes betrachtet werden. Dieses ist gekennzeichnet durch das Zusammenspiel zwischen Innen- und Außenklima und das Nutzen der witterungs- und klimarelevanten Bedingungen.

Als Teilkategorien sollten die Reduzierung des Flächenverbrauchs, eine Geringhaltung zusätzlicher Bodenversiegelung, die Orientierung der Stoffströme im Baubereich an den Zielen der Ressourcenschonung, die Vermeidung der Verwendung und des Eintrages von Schadstoffen in Gebäude, eine Schließung des Stoffkreislaufes bei Baumaterialien sowie die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden.

Dass es möglich ist, diese Vielzahl von Einzelthemen sinnvoll aufeinander abzustimmen und in die Planung eines Gebäudes grundlegend einzubringen, welches als Folge durch seine architektonischen Qualitäten und den wirtschaftlichen Erfolg überzeugt, zeigt das Genzyme Center in Cambridge, USA. An diesem Projekt war ich für das Architekturbüro Behnisch, Behnisch & Partner, Stuttgart/Venice, als Projektarchitekt tätig. Die Architektur dieses Bürogebäudes tritt in einen Dialog mit den ökologischen Maßnahmen und lässt eine Wechselwirkung zu, die sich räumlich widerspiegelt und sowohl in der skulpturalen Ausformung als auch in den dadurch erreichten Qualitäten ihre Entsprechung findet: Ökologische Ziele als hochwertige Formgestalter der gebauten Umwelt.

Die ökologische Planung dieses 30.000 m<sup>2</sup> großen Hauptsitzes einer Biotechnologiefirma für 950 Mitarbeiter, das auf einer ehemaligen Industriebrache errichtet wurde, erstreckt sich über alle Teile des Gebäudes: die Fassade, das Atrium, die Gebäudetechnik, die Beleuchtungsanlage und das Regenentwässerungssystem. Das Entwurfsteam, der Auftraggeber und der Bauunternehmer suchten nach dem optimalen Zusammenspiel von Architektur, Baukosten, Ausführung und Funktionssicherheit, um aus dem Forschungsgebäude einen ökologischen Firmensitz zu machen.

Die Fassade ist eine Vorhangfassade über zwölf Geschosse. Die zentrale Gebäudetechnik steuert die Fenster, die so platziert sind, dass sie während der kühlen Sommernächte zur Gebäudekühlung geöffnet werden können. Außerdem besteht mehr als 30% der Außenhülle aus einer belüfteten Doppelfassade mit einem nutzbaren Zwischenraum von 1,20 m Breite. Diese Klimafassade dient als Wärmepuffer: Im Sommer bildet sie einen Sonnenschutz und dient als Wärmeentlüftung bevor die Luft ins Gebäude eintritt, im Winter erhitzen die Sonnenstrahlen die Klimafassade und verringern damit den Wärmeverlust über die Fassade.

Das Atrium ist das Herz des Gebäudes: Es ist der Kommunikations- und Bewegungsraum der Mitarbeiter und wird klimatisch als Lichtfänger und als riesiger Entlüftungsraum genutzt. Die Luft wird durch den Luftdruckunterschied, der

durch den natürlichen Auftrieb entsteht, in den Lichthof geführt und verlässt den Raum über die Entlüftungsventilatoren im Glasdach. Frischluft wird über Lüftungsgitter in der Decke und über die Fenster in der Klimafassade in die Büroflächen eingeblasen.

Das Beleuchtungssystem wird durch das im Überfluss vorhandene Sonnenlicht, das durch die Glasfassade und das Atrium einfällt, unterstützt. Dem Sonnenverlauf folgende Spiegel über dem Glasdach des Atriums leiten die Sonnenstrahlen weit in das Gebäude hinein. Wenn die Lichtsensoren genügend Licht fangen, wird das künstliche Licht automatisch gedimmt und somit Energie gespart. Zusätzlich verringern Energiesparlampen, die zentriert den Computer-Arbeitsbereich beleuchten, den Lichtverlust.

Die zentrale Heiz- und Kühlanlage für das Gebäude nutzt Dampf von einem zwei Blöcke weiter liegenden Kraftwerk. Dieses Kraftwerk hatte zuvor keinen Dampf produziert, wurde aber vor kurzer Zeit mit gasgefeuerten Turbinen ausgebaut, so dass nun eine der Maschinen als Blockheizkraftwerk eingesetzt werden kann. Der Dampf steuert im Sommer die Kühlelemente und wird im Winter direkt in Heizleistung umgesetzt. Dieser Energieumlauf produziert keinerlei Verlust und nutzt eines der effizientesten Kühlsysteme. Das Kraftwerk liefert je nach Bedarf Dampf und hat Emissionsfilter für kleine Partikel und Schwefel.

Das Regenentwässerungssystem fängt das Wasser zunächst in zwei Wassertanks auf, bevor es in die Kanalisation weitergeleitet wird. Der eine Tank dient dem Wasserbedarf der Kühltürme. Obwohl dieses Regenwasser nicht den gesamten Kühlwasserbedarf decken kann, werden damit doch jedes Jahr tausende Liter von Trinkwasser gespart. Der zweite Tank wird von der Dachentwässerung des Atriums gespeist und versorgt das Glasdach, sobald Feuchtigkeitssensoren in der Erde Trockenheit anzeigen.

All diese ökologischen Planungsdetails – Energie- und Wassersparmaßnahmen, Materialwahl, Bauplatzwahl und das ökologisch optimierte Arbeitsklima im Inneren - tragen zur hohen Gesamtqualität des Gebäudes bei. Das Gründach spielt zwar auf den ersten Blick nur eine untergeordnete Rolle, ist jedoch fester Bestandteil des ökologischen Gesamtkonzepts, welches zudem zu Einsparungen über den betrachteten Lebenszyklus beiträgt. Man muss akzeptieren, dass vorerst der finanzielle Anreiz die treibende Kraft ist, durch die Werte von Umweltschutz und Kultur gleichermaßen verwirklicht werden können, bis diese dann tatsächlich gesellschaftlich so akzeptiert sind, dass dieser Umweg nicht mehr notwendig ist und häufiger der Mut zu komplexeren Lösungen aus Überzeugung selbstverständlich wird.

Bis dahin erscheint es notwendig, die Sach- und Wirkungsbilanzen integraler Lösungsansätze durch geeignete Verfahren transparent zu machen. Dies könnte durch interdisziplinäre Planungsteams erreicht werden, die maßgeschneiderte Lösungen erarbeiten, umsetzen und betreuen. Die Wirkung der Maßnahmen und deren richtige Darstellung erhöht dabei die Akzeptanz bei Bauherren, Nutzern, Kunden, in der Gesellschaft und erhöht bestenfalls auch die Lebensqualität.

Sowohl die Veranstalter als auch die Teilnehmer des Kongresses sollten die Chance nutzen und das Know-how und die Kompetenzen bündeln, um gemeinschaftlich Ziele des nachhaltigen Bauens zu verwirklichen und dadurch ökologische und gleichsam ökonomische Erfolge zu erzielen.

Im nächsten Schritt wäre ökologisches Verhalten dann nicht mehr nur die strategische Vermeidung von Kosten sondern internalisierte Einsicht. Das Gründach kann diesen Prozess unterstützen, indem es über seine Signalwirkung und unzweifelhaft vorhandene mikroklimatische Wirkung hinaus zum integralen Bestandteil ökologischer Gesamtkonzepte mit makroklimatischem Nutzen wird.

Maik W. Neumann, Dipl.-ing. Architekt  
Neumann Architekten  
Wannenstrasse 24  
D- 70199 Stuttgart, Deutschland  
info@neumann-architekt.de

# Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen

**Sven Schönemann, Dipl. Ing., Hochschule Anhalt (FH), Bernburg (D)**

## Abstract

Im Rahmen seiner Diplomarbeit an der Hochschule Anhalt (FH) in Bernburg (D) hat der Verfasser die Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen der ZinCo GmbH in Unterensingen untersucht. Unter der Betreuung von Prof. Dipl. Ing. Rainer K. Schöffel und Dipl. Ing. (FH) Axel Heinrich wurde der Nachweis erbracht, dass Dachbegrünungen auch einer betriebswirtschaftlichen Prüfung standhalten.

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Im theoretischen Teil erfolgt eine Analyse der vielfältigen Wirkungen von Dachbegrünungen unter wirtschaftlichen Aspekten. Basierend auf diesen Erkenntnissen erfolgt im zweiten Teil eine Prüfung der Wirtschaftlichkeit von 24 Objekten mit extensiv begrünten Dächern.

Die vielfältigen positiven Eigenschaften und Wirkungen von begrünten Dachflächen sind bekannt. In Zeiten in denen der „Geiz ist geil“ Slogan den Alltag vieler Menschen bestimmt, reichen ökologische Gründe allein nicht aus um Jeden überzeugen zu können. Daher wird in der Arbeit der Schwerpunkt auf den betriebswirtschaftlich quantifizierbaren Nutzen gelegt, den der Bauherr / Eigentümer aus einem begrünten Dach ziehen kann. Dieser setzt sich vor allem zusammen aus:

- Verlängerung der Lebensdauer der Dachabdichtung
- Fördermittel
- Reduzierung der Abwassergebühren
- Energieeinsparung / Wärmedämmung

Diese Wirkungen sind gut quantifizierbar und können den notwendigen Aufwendungen für die Herstellung und Pflege der Dachbegrünung gegenübergestellt werden. Diese Gegenüberstellung erfolgt bei den Wirtschaftlichkeitsanalysen der 24 Objekte. Die Größe der begrünten Dachflächen variiert zwischen 21 m<sup>2</sup> und 2350 m<sup>2</sup>. Insgesamt verfügen die untersuchten Gebäude über eine Dachfläche von 14729 m<sup>2</sup>. Die Dachneigung beträgt zwischen 0° und 35°. Für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit erfolgt eine Gegenüberstellung von wirtschaftlichem Aufwand und Nutzen für einen Betrachtungszeitraum von 40 Jahren. Im Vergleich zu einem unbekiesten / frei bewitterten Dach rechnen sich bei 13 von 24 Objekten die Dachbegrünungen für den Bauherren. Im Vergleich zu einem bekiesten Dach überwiegt der wirtschaftliche Nutzen den Aufwand sogar bei 21 von 24 Objekten. Diese Unterscheidung in frei bewitterte und bekieste Dächer trägt den üblichen Bauweisen Rechnung. Die Zahlen sprechen eine deutliche Sprache zu Gunsten der Dachbegrünung.

## Profitability of green roofs

Within the framework of a thesis at the Technical University Anhalt (FH) in Bernburg (D), the author studied the profitability of green roofs of ZinCo GmbH in Unterensingen. Under the supervision of Prof. Dipl. Ing. Rainer K. Schöffel and Dipl. Ing. (FH) Axel Heinrich, it was proven that rooftop greening can bear up against even a microeconomic examination. The study was divided into two parts. In the theoretical part, an analysis of the manifold effects of green roofs under economic aspects was carried out. Based on these results, a second part followed, which studied the profitability of 24 objects with extensive green roofs. The numerous positive qualities and effects of green roofs are well known. Still, ecological grounds alone may not suffice to convince many people, especially at a time when the slogan “Miserliness is cool” affects everyday life. For this reason, the emphasis of the thesis was placed on quantifying the economic advantages that a building owner could derive from a green roof. These are composed especially by:

- extension of the lifespan of the roof membrane
- subsidies
- reduction of stormwater fees
- energy savings/ insulation

These effects are easily quantified, and economic analyses and comparisons of the 24 objects showed that these benefits can oppose the inevitable expenses associated with installing and maintaining green roofs. The size of the greened surfaces varied between 21 m<sup>2</sup> und 2350 m<sup>2</sup>. In total, the studied buildings comprised a roof surface of 14,729 m<sup>2</sup>. The roof pitch averaged between 0° und 35°. For the profitability study, a comparison of the economic investment and usage was carried out for a period of observation of 40 years. Compared to an unballasted/ fully exposed roof, 13 of the 24 objects were profitable for the building owners. Compared to a gravel ballast roof, the economic usefulness

outweighed the investment on 21 out of 24 objects. The difference between fully-exposed and gravel-covered roofs follows the conventional construction bill, and the data clearly prove the economic value of green roof.

## 1 Einleitung

Es ist weitgehend unbestritten, dass eine Dachbegrünung aus ökologischer Sicht sinnvoll und empfehlenswert ist. Vielfach trifft man jedoch auf die Aussage, dass eine Dachbegrünung zu teuer ist.

Diese Aussage soll in diesem Referat geprüft, indem für 24 begrünte Dächer das Kosten-Nutzen-Verhältnis untersucht wird. Es handelt sich dabei um mehrschichtige Extensivbegrünungen mit einer Fläche zwischen 21 m<sup>2</sup> und 2350 m<sup>2</sup>.

## 2 Wirtschaftlichkeit

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit eines Gründaches treffen zu können, muss man den finanziellen Aufwand dem ökonomischen Nutzen gegenüberstellen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die einzelnen zu betrachtenden Faktoren. Bei den Nutzfaktoren erfolgt nochmals eine Unterteilung in betriebswirtschaftlich (für ein Individuum) und volkswirtschaftlich (für die Gesellschaft).

**Tabelle 1** Gegenüberstellung Aufwand-Nutzen

Aufwand	Nutzen	
	betriebswirtschaftlich	volkswirtschaftlich
<ul style="list-style-type: none"> <li>Planungskosten</li> <li>Zusätzliche Statik</li> <li>Herstellkosten</li> <li>Begrünungsaufbau</li> <li>Instandhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Lebensdauer der Dachdichtung</b></li> <li><b>Fördermittel</b></li> <li><b>Reduzierung Abwassergebühren</b></li> <li>Ausgleichsmaßnahme nach BauGB</li> <li>Wertsteigerung</li> <li><b>Energieeinsparung</b></li> <li>Steuerliche Förderung bei Schaffung von Wohneigentum (§10e EStG)</li> <li>Zinsgünstige Kredite (KfW)</li> <li>Repräsentativwirkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hochwasservorsorge</li> <li>Verbesserung des Kleinklimas</li> <li>Verbesserung des Stadtbildes</li> <li>Reduzierte Kosten für Abwasserbeseitigung und Infrastruktur</li> </ul>

Im weiteren Verlauf erfolgt eine Fokussierung auf die betriebswirtschaftlichen Aspekte eines Gründaches. Die ökologischen und volkswirtschaftlichen Vorteile wurden nicht berücksichtigt, da sie wissenschaftlich fundiert nicht in einen finanziellen Gegenwert umgerechnet werden können. Sie sollen damit jedoch nicht in Abrede gestellt werden. In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen liegt der Schwerpunkt auf den betriebswirtschaftlichen Nutzfaktoren Lebensdauer der Dachabdichtung, Fördermittel, Reduzierung Abwassergebühren und Energieeinsparung.

## 3 Betriebswirtschaftliche Nutzfaktoren

### 3.1 Lebensdauer der Dachabdichtung

Die Verlängerung der Lebensdauer der Dachabdichtung ist einer der entscheidenden Nutzfaktoren von begrünten Dächern. Durch den Begrünungsaufbau werden die thermischen, chemischen und physikalischen Einwirkungen auf die Dachabdichtung reduziert. Vor allem die thermischen Eigenschaften eines Gründaches wurden in vielen Versuchen analysiert und veröffentlicht. Durch die Reduzierung der Temperaturschwankungen wird die Dachabdichtung unter der „grünen Hülle“ weniger stark beansprucht als dies bei einem bekiesten bzw. frei bewitterten Dach der Fall wäre. Mit dieser Thematik haben sich verschiedene Untersuchungen auseinander gesetzt wie z.B. BASLER&Hofmann (1998), HUBER&SUHNER AG (1994) und VITAL (1996). Auf der Grundlage dieser verschiedenen Untersuchungen erscheint eine Verdoppelung der Lebensdauer der Dachabdichtung unter einem Gründach im Vergleich zu einer frei bewitterten/bekiesten Dachabdichtung als realistisch. Unter einer Kiesauflage kann die Lebensdauer der Dachabdichtung unter Umständen sogar nochmals um 1/3 reduziert werden.

· HUBER&SUHNER AG (1994): „Sonderdruck aus BAU-INFO“

Nicht vergessen werden darf bei der Betrachtung der Lebensdauer der Dachabdichtung jedoch die Tatsache, dass die Planung und die Ausführungsqualität einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer der gesamten Fläche haben. Mehr als Dreiviertel aller Flachdachschäden gehen auf fehlerhafte Planung (ca. 34%) und mangelhafte Ausführung (ca. 45%) zurück.

Um für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen im weiteren Verlauf eine vergleichbare Grundlage zu haben, werden die folgenden verallgemeinerten Zahlen für die Lebensdauer von Dachabdichtungen angenommen:

- Flachdach frei bewittert / bekiest - 20 Jahre
- Flachdach begrünt - 40 Jahre

### 3.2 Fördermittel

Einige Länder / Gemeinden bieten einen finanziellen Anreiz in Form von direkten Fördermitteln für die Begrünung von Dachflächen. Die Situation ist hierbei jedoch sehr unterschiedlich. Es bestehen keine bundesweit geltenden Förderprogramme. Lediglich in Nordrhein-Westfalen gibt es landesweit die Möglichkeit der Bezuschussung von Dachbegrünungen. Dies gilt für Aufbauten, die einen Abflussbeiwert  $< 0,30$  haben. Die Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) hat im Jahr 2004 eine Umfrage bei Kommunen mit mehr als 10.000 Einwohnern durchgeführt. Insgesamt haben sich von 1488 angefragten Kommunen 636 an der Umfrage beteiligt. Von diesen 636 Kommunen besteht in 84 die Möglichkeit einer direkten finanziellen Bezuschussung von Dachbegrünungen. Dies entspricht einem Anteil von ca. 13 %. Ein genauer Blick auf die Lage der Gemeinden und die Förderhöhe zeigt jedoch, dass es sich bei Vielen um Mittel aus dem o.g. Landesförderprogramm in Nordrhein-Westfalen handelt. Der Anteil der Kommunen, die ein eigenes Förderprogramm initiiert haben, dürfte daher im einstelligen Prozentbereich liegen. In Zeiten leerer Haushaltskassen ist hier auch keine Verbesserung zu erwarten.

### 3.3 Reduzierung Abwassergebühren

Der Begrünungsaufbau speichert Niederschlagswasser bzw. gibt es zeitverzögert an die Entwässerung ab. Durch reduzierte Abwassergebühren und verringerte Versiegelungsabgaben fördern viele Kommunen indirekt Entsiegelungsmaßnahmen, zu denen auch die Dachbegrünung zählt. Voraussetzung dafür ist jedoch die „getrennte / gesplittete Abwassergebühr“. Im Gegensatz zur Abwassergebühr auf der Basis des Frischwasserverbrauchs, wird bei der getrennten Abwassergebühr zwischen Schmutzwasser und Niederschlagswasser unterschieden. Dadurch kann ein Anreiz für die Reduzierung des eingeleiteten Niederschlagswassers geschaffen werden.

In ihrer Umfrage zur Förderung von Dachbegrünungen im Jahr 2004 hat die FBB (2005) auch die Struktur der Abwassersatzungen abgefragt. Von den teilnehmenden 636 Gemeinden haben 250 eine getrennte Abwassersatzung eingeführt. Dies entspricht einem Anteil von knapp 40 %. Jedoch werden nicht bei allen Satzungen Dachbegrünungen begünstigt.

Tabelle 2 zeigt die Abwassergebührenstruktur der untersuchten Objekte des Autors. In 12 von 21 Gemeinden erfolgt eine Trennung in Schmutz- und Niederschlagswasser. Dies entspricht einem Anteil von ca. 57 %. Jedoch werden nur in 9 Gemeinden begrünte Dächer finanziell begünstigt. In den übrigen Gemeinden sind sie normalen versiegelten Flächen gleichgestellt.

---

· ERNST (2001): „Dachabdichtung – Dachbegrünung“ S.13

· FBB (2005): „Auswertung der Umfrage Dachbegrünung an Stadtverwaltungen von Städten über 10.000 Einwohner“

**Tab 2** Übersicht Abwassergebühren der Untersuchungsobjekte nach SCHÖNEMANN (2004)

PLZ	Stadt	Gebühr SM	Gebühr NW	Gebühr NW Gründach	Ersparnis NW Gebühr	Ersparnis
		[m3]	[m2/Jahr]	[m2/Jahr]	[m2/Jahr]	[%]
D-76534	Baden-Baden	1,49 €	-	-	0,00 €	0
D-48147	Münster	1,42 €	0,40 €	0,08 €	0,32 €	80
D-72072	Tübingen	2,20 €	-	-	0,00 €	0
D-71287	Weissach	2,05 €	-	-	0,00 €	0
D-01259	Dresden	1,73 €	1,15 €	0,58 €	0,58 €	50
D-51149	Köln	1,23 €	1,10 €	0,55 €	0,55 €	50
D-76275	Ettlingen	1,49 €	-	-	0,00 €	0
D-53179	Bonn	1,98 €	1,03 €	0,93 – 0,52 €	0,10 - 0,51 €	10 - 50
D-53332	Bornheim-Brenig	2,99 €	1,50 €	1,13 €	0,38 €	25
D-40217	Düsseldorf	1,43 €	0,96 €	0,96 €	0,00 €	0
D-81660	Grosshadern	1,56 €	1,30 €	0,39 €	0,91 €	70
D-83209	Prien	0,53 €	-	-	0,00 €	0
D-50226	Frechen	2,35 €	1,24 €	1,24 €	0,00 €	0
D-39120	Magdeburg	2,11 €	0,44 €	0,13 €	0,31 €	70
D-01587	Riesa	2,20 €	-	-	0,00 €	0
D-86558	Hohenwart	1,40 €	-	-	0,00 €	0
D-04103	Leipzig	5,29 €	0,79 €	0,36 €	0,43 €	55
D-39397	Schwanebeck	3,51 €	-	-	0,00 €	0
D-72669	Unterensingen	3,66 €	-	-	0,00 €	0
D-47439	Moers	2,39 €	1,02 €	1,02 €	0,00 €	0
D-79539	Lörrach	1,27 €	0,69 €	0,35 €	0,35 €	50
SM = Schmutzwasser		NW = Niederschlagswasser				

### 3.4 Energieeinsparung

Einen weiteren betriebswirtschaftlichen Nutzen erbringen Dachbegrünungen durch ihre isolierenden Eigenschaften. Im Winter bewirkt der Begrünungsaufbau einen geringeren Wärmeverlust an die Umgebung. Im Sommer erfolgt eine Verringerung des Wärmedurchgangs in der entgegengesetzten Richtung, so dass sich das Gebäude weniger stark aufheizt. Mit Ausnahme spezieller Styropor-Dränageelemente, die über einen bauaufsichtlichen Zulassungsbescheid verfügen, dürfen diese thermischen Eigenschaften bei der Berechnung der Wärmedämmung nicht berücksichtigt werden, bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollen sie jedoch trotzdem eingerechnet werden. Speziell für Dachbegrünungskomponenten hat PINTER (2003) die thermischen Eigenschaften untersucht. Ihre Ergebnisse finden bei den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen Verwendung. Objektspezifische Berechnungen wären jedoch sehr aufwendig und würden durch eine Vielzahl verschiedener Faktoren zusätzlich beeinflusst. Daher werden ähnlich wie bei der Verlängerung der Lebensdauer der Dachabdichtung für den Einfluss der Energieeinsparung auf die Wirtschaftlichkeit, folgende verallgemeinerte Werte angesetzt.

- Extensiv Aufbau mit Polyethylen-Dränageelementen: 0,50 €(m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>)
- Extensiv Aufbau mit Styropor-Dränageelementen: 0,75 €(m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>)
- Wärmedämmende Begrünung mit Styropordämmung: 1,00 €(m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>)

Diese betriebswirtschaftlichen Hauptnutzfaktoren werden durch einige Weitere ergänzt, wie beispielsweise Repräsentativwirkung, Wertsteigerung, Steuervorteile, Zinsgünstige Kredite, etc. Sie sollen jedoch nur am Rande

· SCHÖNEMANN (2004): „Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen“ S.28  
· PINTER (2003): „Tagungsband EFB-FBB Symposium 2003“ S.17

erwähnt werden, da ihre Wirkung nur bedingt in einen finanziellen Gegenwert umgerechnet werden kann bzw. sie nur unter bestimmten Voraussetzungen genutzt werden können.

### 3.5 Kostenvergleichsrechnungen

Für die Kostenvergleichsrechnungen (KVR) bieten sich verschiedene Methoden an. Die statische Kostenvergleichsrechnung ist eine einfach nachzuvollziehende Methode, bei der die einzelnen Faktoren unabhängig von ihrer zeitlichen Fälligkeit gegenübergestellt werden. Da es sich bei der Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen jedoch um eine langfristige Betrachtung handelt, ist eine statische Rechnung nur bedingt geeignet.

Mit einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung werden die unterschiedlichen Zeitpunkte der jeweiligen Zahlungen/Investitionen berücksichtigt. Grundlage für diese Berechnungen bilden die KVR Leitlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Mit Hilfe von finanzmathematischen Formeln wird die unterschiedliche zeitliche Gewichtung von Kosten auf einen bestimmten Bezugszeitpunkt berechnet. Die dabei entstehenden Werte werden als Barwerte bezeichnet. Vor dem Bezugszeitpunkt anfallende Kosten werden akkumuliert (aufgezinst), danach anfallende diskontiert (abgezinst). Als anzurechnenden Zinssatz empfiehlt die LAWA 3%.

Was bedeutet nun diese mathematische Theorie für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Gründach und Kiesdach? Wie Tabelle 3 zeigt, verteilen sich die anfallenden Kosten und Einsparungen auf unterschiedliche Zeitpunkte:

**Tab 3** Zeitliche Fälligkeit der Kosten bei Gründach und Kiesdach

	Gründach	Kiesdach
Herstellkosten	Zeitpunkt t=0	Zeitpunkt t=0
Erneuerung Dachabdichtung	-	Nach 20 Jahren t=20
Unterhalt / Wartung	Jährlich	Jährlich

Bezogen auf den Betrachtungszeitpunkt t=0 entsprechen die Kosten für die Erneuerung der Dachabdichtung nach 20 Jahren nicht dem Faktor 1. Sie sind mit dem Diskontierungsfaktor  $DFAKE(3;20) = 0.55368$  abzuzinsen. Gleiches gilt für die Laufenden Kosten / Einsparungen. Da ein Zahlwert nach 40 Jahren nicht dem gleichen Wert wie zum jetzigen Zeitpunkt entspricht ist eine Abzinsung notwendig. So würden beispielsweise die jährlichen Kosten für Wartung und Pflege eines Kiesdaches mit dem Diskontierungsfaktor  $DFAKR(3;40) = 23.1148$  verrechnet. Für die Wirtschaftlichkeit der Dachbegrünung bedeutet dies einen „Nachteil“. Da die Kosten für die Erneuerung der Dachabdichtung beim Kiesdach erst nach ca. 20 Jahren fällig werden, wird dieser Betrag bei der dynamischen Kostenvergleichsrechnung nahezu halbiert. Die höheren Herstellkosten für die Dachbegrünung zum Zeitpunkt t=0 werden jedoch in voller Höhe mit dem Faktor 1 verrechnet.

Tabelle 4 soll diesen Unterschied verdeutlichen. Bei der statischen Kostenvergleichsrechnung überwiegen die Einsparungen die Herstellkosten. Die Gründach-Variante wäre 5.000 € günstiger, als ein vergleichbares Kiesdach. Bei der dynamischen KVR sieht dies weniger positiv aus. Aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Fälligkeit der Zahlungen, können die Herstellkosten der Dachbegrünung nicht durch die Einsparungen aufgewogen werden. Es bleibt ein finanzieller Mehraufwand von ca. 1.452 € zu Ungunsten der Dachbegrünung.

**Tab 4** Gegenüberstellung Statische und Dynamische KVR

	<b>Statische KVR</b>	<b>Dynamische KVR</b>
Herstellkosten Dachbegrünung	10.000,- EUR	10.000,- EUR
Kostenersparnis im Vergleich zum Kiesdach (Kiesabdeckung und Erneuerung Dachabdichtung)	5.000,- EUR	5.000,- EUR * DFAKE (3;20) 0,55368 = 2.768,40 EUR
Jährliche Einsparungen durch Energieeinsparung, Abwassergebühren, etc.	250,- EUR * 40 Jahre = 10.000,- EUR	250,- EUR * DFAKR (3;40) 23,1148 = 5.778,70 EUR
Differenz Herstellkosten – Einsparungen	- 5.000,- EUR	1.452,90 EUR

### 3.6 Objektbezogene Dynamische Kostenvergleichsrechnungen

Die für die Wirtschaftlichkeitsberechnung notwendigen Daten wurden mit Hilfe eines Fragebogens spezifisch für jedes Gründach ermittelt. Die Kosten für ein vergleichbares Kiesdach wurden aufgrund verschiedener Veröffentlichungen zusammengestellt. Sie wurden jedoch nicht objektspezifisch angepasst.

Mittels der Dynamischen Kostenvergleichsrechnung wurden für 24 begrünte Objekte die Projektkostenbarwerte ermittelt. Die notwendigen Daten basieren auf Umfragen von SCHÖNEMANN (2004). Als Vergleich wurden für Kiesdächer der gleichen Größe die Projektkostenbarwerte ermittelt. Sie wurden aufgrund verschiedener Veröffentlichungen zusammengestellt. Diese beiden Projektkostenbarwerte werden einander gegenübergestellt. Die Differenz der Barwerte ermöglicht eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit eines Projektes. Tabelle 5 zeigt den zugrunde liegenden Rechenweg.

**Tab 5** Vergleich Projektkostenbarwerte Gründach und Kiesdach für ein Dach mit einer Fläche von 1.100 m<sup>2</sup>

	Gründach	Kiesdach
Kosten		
Investitionskosten	26.699,43 €	7.447,00 € 6,77€/m <sup>2</sup> * 1.100m <sup>2</sup>
Reinvestitionskosten	-	13.374,29 € 24.155,27€*DFAKE(3;20) 0,55368
Entwicklungspflege 1 Jahr	501,94 € 0,47€/m <sup>2</sup> *1.100m <sup>2</sup> *DFAKE(3;1) 0,97087	-
Unterhalt / Wartung	11.133,79 € 0,45€(m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )*1.100m <sup>2</sup> *DFAKR(3;38) 22,4925	10.424,77 € 0,41€(m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )*265m <sup>2</sup> *DFAKR (3;40) 23,1148
<b>Summe Kosten</b>	<b>38.335,16 €</b>	<b>31.246,06 €</b>
Einsparungen		
Energieeinsparung	12.713,14 € 0,50€(m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )*1.100m <sup>2</sup> *DFAKR(3;40) 23,1148	-
Fördermittel	17.383,92 €	-
Reduzierung Abwassergebühr	8.136,41 € 0,32€(m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )*1.100m <sup>2</sup> *DFAKR(3;40) 23,1148	-
<b>Summe Einsparungen</b>	<b>38.233,47 €</b>	<b>-</b>
<b>Projektkostenbarwert (Kosten – Einsparungen)</b>	<b>101,89 €</b>	<b>31.246,06 €</b>

· SCHÖNEMANN (2004): „Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen“

Bei einem Betrachtungszeitraum von 40 Jahren würde das Gründach in diesem Beispiel einen wirtschaftlichen Vorteil von 31.144,38 € bedeuten. Nach dieser Methode wurde die Wirtschaftlichkeit aller Objekte untersucht. Die Gesamtfläche der untersuchten Gründächer beträgt 14.729 m<sup>2</sup>. Folgende Kosten und Einsparungen wurden berücksichtigt:

### **3.6.1 Investitionskosten**

Beinhalten beim Gründach eventuell notwendige Maßnahmen zur Verstärkung der Dachkonstruktion, den Begrünungsaufbau und die Fertigstellungspflege.

Bei den begrünten Dächern wurden diese Kosten für jedes Objekt spezifisch ermittelt.

Beim Kiesdach fallen lediglich die Kosten für die Kiesschüttung an. Die Kosten hierfür wurden jedoch nicht objektspezifisch ermittelt. Sie basieren mit einem Mittelwert von 6,77 €(m<sup>-2</sup>) auf den Veröffentlichungen von KOLB (2002) und KRUPKA (2001).

### **3.6.2 Reinvestitionskosten**

Dieser Betrag beinhaltet die Kosten für die Erneuerung der Dachabdichtung bei der Kiesdachvariante nach ca. 20 Jahren. Dazu zählt neben den Kosten für die neue Dachabdichtung (objektspezifisch) auch der Abtrag/Auftrag der Kiesschüttung. Dieser wird nach KOLB (2002) mit einem Wert von 6,14 €(m<sup>-2</sup>) angesetzt.

Beim Gründach fallen aufgrund der angenommenen Verdoppelung der Lebensdauer der Dachabdichtung keine Reinvestitionskosten an.

### **3.6.3 Pflege / Wartung**

Pflege und Wartung ist bei beiden Bauweisen nötig, auch wenn sie oft vernachlässigt wird. Mit Ausnahme von Dächern, die in Eigenleistung gepflegt/gewartet werden, wurden bei den Gründächern die Unterhaltskosten objektspezifisch ermittelt. Sie setzen sich zusammen aus einem Jahr Entwicklungspflege und 38 Jahren Unterhaltungspflege. Die Fertigstellungspflege ist bereits in den Investitionskosten eingerechnet.

Für die Kiesdachvariante wurde nach KRUPKA (2001) ein Durchschnittswert von 0,41 €(m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>) angesetzt.

### **3.6.4 Reduzierung Abwassergebühren**

Die Entwässerungssituation wurde für jedes Objekt separat ermittelt. Reduzierte Niederschlagswassergebühren bei der Dachbegrünung wurden jedoch nur berücksichtigt, wenn die Dachfläche an die öffentliche Kanalisation angeschlossen ist. In Gemeinden mit einer reduzierten Abwassergebühr für Gründächer werden diese bei den Berechnungen „benachteiligt“, wenn kein Anschluss an die Kanalisation besteht. Dieser wirtschaftliche „Nachteil“ wird jedoch durch geringer zu dimensionierende Versickerungseinrichtungen kompensiert. Da hierfür jedoch fundierte Grundlagen fehlen, ist eine Umrechnung dieses Nutzens in einen wirtschaftlichen Gegenwert momentan nicht möglich.

### **3.6.5 Energieeinsparung**

Wie eingangs bereits erwähnt wurde, werden für die Einsparung aufgrund der isolierenden Eigenschaften bestimmte Zahlen zugrunde gelegt. Sie basieren auf dem jeweiligen Begrünungsaufbau, berücksichtigen jedoch nicht die spezifischen thermischen Eigenschaften jedes einzelnen Gebäudes. Bei nicht klimatisierten Gebäuden (Carport, Garage, etc.) erfolgte keine Anrechnung dieses Nutzfaktors.

## **4 Ergebnisse**

Tabelle 6 und Abbildung 1 geben einen Überblick über die Projektkostenbarwerte der verschiedenen Objekte. In 14 Fällen ist der Projektkostenbarwert des Kiesdaches höher als der des Gründaches. Das bedeutet, dass bei diesen Objekten die Dachbegrünung einen wirtschaftlichen Vorteil für den Eigentümer bringt. Bei den übrigen 10 Objekten sind die Projektkostenbarwerte des Kiesdaches niedriger als die des begrünten Daches. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutet dies einen finanziellen Mehraufwand für den Bauherrn dieses Objektes.

Der finanzielle Aufwand für den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren variiert beim Gründach zwischen 24,67 €(m<sup>-2</sup>) und 79,65 €(m<sup>-2</sup>). Der Durchschnittswert beträgt 39,17 €(m<sup>-2</sup>). Beim Kiesdach beträgt der durchschnittliche Aufwand 28,36 €(m<sup>-2</sup>) in 40 Jahren. Er variiert zwischen 10,17 €(m<sup>-2</sup>) und 35,95 €(m<sup>-2</sup>). Demgegenüber stehen beim Gründach

---

· KOLB, Walter (2002): „Dachbegrünung wirtschaftlich“ S.161

· KRUPKA, Bernd W. (2001): „Extensive Dachbegrünungen – Praxisempfehlungen und Kostenbetrachtungen“ S.77

durchschnittliche Einsparungen von 19,29 €/m<sup>2</sup> innerhalb von 40 Jahren. Die Varianz hierbei beträgt zwischen 0 €/m<sup>2</sup> im ungünstigsten und 40,06 €/m<sup>2</sup> im günstigsten Fall.

Tab 6 Übersicht Projektkostenbarwerte Untersuchungsobjekte							
Objekt	Fläche	Gründach	Kiesdach	Objekt	Fläche	Gründach	Kiesdach
	[m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]		[m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]
001	21	1.023,75	387,97	013	545	9.110,31	15.991,37
002	36	1.046,18	1.042,94	014	554	25.079,41	19.914,25
003	101	-1.537,10	2.006,36	015	650	39.605,71	19.072,28
004	110	1.456,75	2.185,14	016	655	3.281,15	19.218,99
005	172	2.052,78	1.749,17	017	655	18.396,35	19.218,99
006	197	5.318,80	2.003,41	018	675	20.711,75	19.805,82
007	200	4.933,93	2.033,92	019	760	16.863,57	19.745,38
008	265	12.751,34	8.357,80	020	850	12.050,67	24.940,67
009	265	6.664,13	9.192,42	021	903	22.192,47	26.495,79
010	420	20.676,46	12.323,63	022	1100	101,89	31.246,06
011	426	10.786,50	13.091,60	023	2296	20.304,70	73.681,87
012	523	13.937,18	15.345,85	024	2350	26.067,85	58.627,46

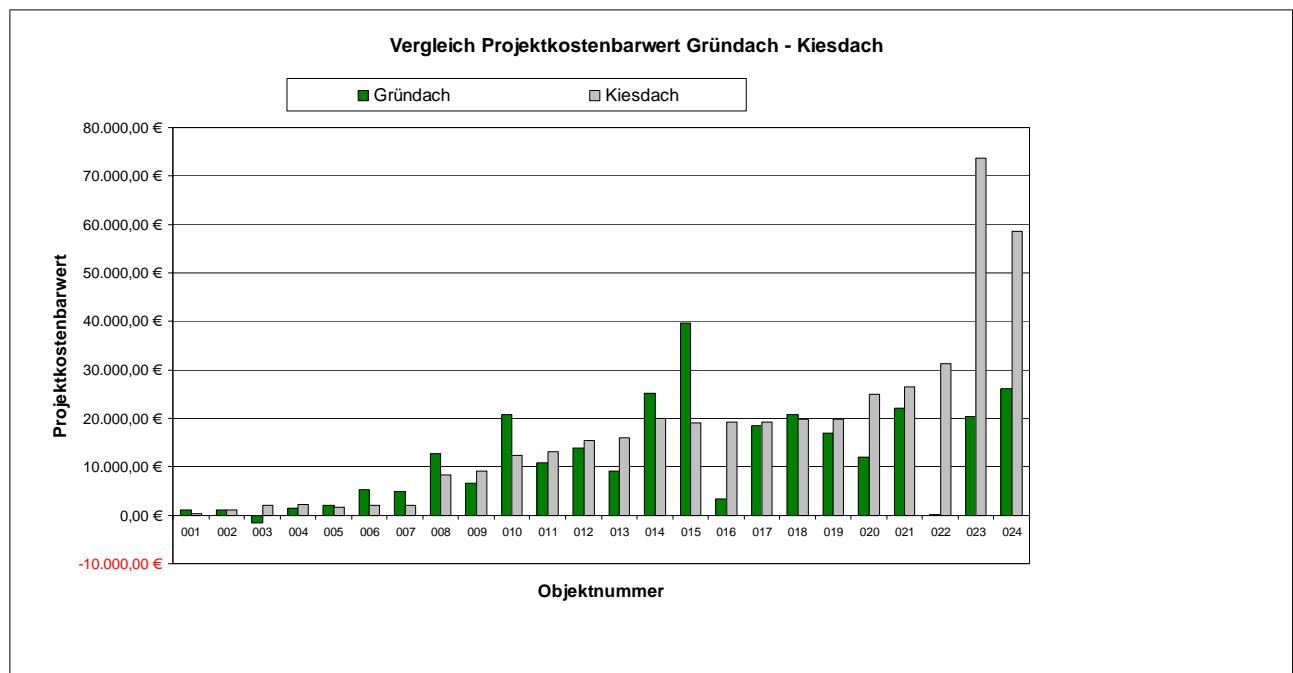


Abb 1 Übersicht Projektkostenbarwerte Untersuchungsobjekt

## 5 Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, dass Dachbegrünungen auch unter einer streng betriebswirtschaftlichen Betrachtung Vorteile haben können. Allerdings zeigt sich deutlich, dass bei vielen Objekten der betriebswirtschaftliche Nutzen den notwendigen Aufwand nicht aufwiegen kann.

Da es sich bei den untersuchten Objekten um relativ hochwertige mehrschichtige Begrünungsaufbauten handelt, liegen die Herstellungskosten im oberen Preissegment. Durch die Verwendung eines preiswerteren Einschichtsystems ist hier eine Reduzierung des finanziellen Aufwandes möglich. Allerdings reduzieren sich dadurch meist auch die positiven Eigenschaften des Gründaches. So hat ein dünner Einschichtaufbau weniger isolierende Eigenschaften als ein dickerer Mehrschichtaufbau. Auch hinsichtlich der Vegetation bieten die Mehrschichtsysteme mehr Möglichkeiten. Es wäre jedoch falsch die höheren Projektbarwerte bei einigen Objekten als Argument gegen Gründächer zu interpretieren. Stattdessen gilt es weitere Anreize für die Begrünung der Dachflächen zu schaffen. Dies müssen nicht zwingend direkte finanzielle Zuschüsse sein. Allein schon durch die Berücksichtigung der Gründächer bei der

Abwassergebührenberechnung wird die Wirtschaftlichkeit erhöht. Und dies bedeutet ja auch keine Belastung für den kommunalen Haushalt, sondern stellt lediglich eine verursachergerechte Berechnung dar.

Auch die Erschließung weiterer betriebswirtschaftlicher Vorteile für den Bauherren bietet eine Möglichkeit zur Verbesserung des Kosten-Nutzen Verhältnisses. Im Rahmen eines Entwässerungskonzeptes für einen gesamten Stadtteil etc. kann die Dachbegrünung einen Beitrag zur Verringerung der Spitzenabflüsse schaffen. Die daraus resultierende Reduktion der Kanalquerschnitte bedeutet niedrigere Infrastrukturkosten für das Gebiet. Sie könnten in Form ermäßigter Anschlussgebühren an die Bewohner weitergegeben werden. In Anbetracht des hohen Anteils versiegelter Verkehrsflächen sind hier jedoch ganzheitliche Betrachtungen nötig.

Problematisch bleibt die Wirtschaftlichkeit bei nicht klimatisierten Gebäuden, da hier kein Nutzen durch die isolierende Wirkung des Begrünungsaufbaus entsteht.

## 6 Fazit

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass eine Dachbegrünung keinesfalls nur etwas für „Ökofreaks“ ist. Mit einer Dachbegrünung lässt sich in Form von finanziellen Einsparungen durchaus auch noch Geld „verdienen“. Berücksichtigt man zusätzlich noch die ökologischen und volkswirtschaftlichen Vorteile eines Gründaches so kann man sich nur den Worten von Le Corbusier anschliessen:

„Ist es nicht wahrhaft wider aller Logik, wenn eine ganze Stadtoberfläche unbenutzt und der Zwiesprache der Schiefer mit den Sternen vorbehalten bleibt?“ (Le Corbusier)

## 7 Quellen

- Basler&Hofmann: „Alterungsprobleme und Verbesserungsmaßnahmen bei PVC-P-Bahnen“ Kurzbericht der Untersuchung im Auftrag der Sarnafil AG, Sarnen (1998)
- Ernst, Wolfgang: „Dachabdichtung – Dachbegrünung“ (2001)
- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB): „Auswertung der Umfrage Dachbegrünung an Stadtverwaltungen von Städten über 10.000 Einwohner“ gefunden auf <http://www.fbb.de/Foerderung/Umfrage/ZuschussPLZ.html> am 03.07.2005
- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB): „Auswertung der Umfrage Dachbegrünung an Stadtverwaltungen von Städten über 10.000 Einwohner“ gefunden auf <http://www.fbb.de/Foerderung/Umfrage/GespAWSPLZ.html> am 03.07.2005
- Huber & Suhner AG: „Sonderdruck aus BAU-INFO“ (1994)
- Kolb, Walter: „Dachbegrünung wirtschaftlich“ in Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege, Heft 66, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abteilung Landespflege, Veitshöchheim (2002)
- Krupka, Bernd W.: „Extensive Dachbegrünungen – Praxisempfehlungen und Kostenbetrachtungen“, Landesinstitut für Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (LB), Aachen (2001)
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)“, Kulturbuchverlag, Berlin (2005)
- Pinter, Judith Horvathne: „Dämmwirkung des Aufbaus von Gründächern“ in Tagungsband EFB-FBB Symposium 2003, Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., Ditzingen (2003)
- Schönemann, Sven: „Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen“ Diplomarbeit im Studiengang Landespflege an der Hochschule Anhalt (FH), Bernburg (2004)
- Vital, Jon-Duri: „Wahl eines Flachdachsystems aus der Sicht der Bauherrschaft“ Sonderdruck aus Schweizer Ingenieur und Architekt 38/1996, Zürich (1996)

Sven Schönemann  
Apfelmatte 15  
CH- 8804 Au/ ZH, Schweiz  
[mail@gruenkopp.de](mailto:mail@gruenkopp.de)

# **Environmental Benefits of Green Roofs on a City Scale – An example of City of Toronto**

**Hitesh Doshi, Professor, Ryerson University, Department of Architectural Science**

**Doug Banting, Professor, Ryerson University, Geography Department**

**James Li, Professor, Ryerson University, Civil Engineering Department**

**Paul Missios, Professor, Ryerson University, Economics Department**

**Angela Au, Research Assistant, Ryerson University**

**Beth Anne Currie, Research Assistant, Ryerson University (Presently with Urbanspace Property Group)**

**Michael Verrati, Research Assistant, Ryerson University**

## **Abstract**

A study to determine the environmental benefits and costs of green roof technology for the City of Toronto has been recently completed. The study is currently undergoing review. This presentation will discuss the approach that was taken to determine the benefits of green roof on a city scale and the preliminary findings.

The purpose of this study was to determine the environmental costs and benefits of green roof at the municipal level. Such an exercise requires the compilation of very specific information from many diverse sources. The approach involved the following:

- identification of environmental benefits at municipal level,
- quantifying the impact of green roof for each of the benefits,
- monetizing the benefit,
- applying the benefits on the citywide basis based on actual distribution of buildings.

## **Ökologische Vorteile von Dachbegrünung in der städtischen Dimension – Ein Beispiel von der Grossstadt Toronto**

Eine Untersuchung zu den ökologischen Vorteilen und Kosten von Dachbegrünungen für die Stadt Toronto wurde kürzlich fertig gestellt. Sie wird im Moment überprüft. Dargelegt wird die Methode der Bewertung im städtischen Kontext, die vorläufigen Ergebnisse werden diskutiert.

Zweck dieser Untersuchung war die ökologischen Kosten und Nutzen von Dachbegrünung in der städtischen Dimension zu ermitteln.

Die Methode umfasste:

- Erfassung der ökologischen Vorteile von Dachbegrünungen in der städtischen Dimension
- Quantifizierung des Einflusses von Dachbegrünung für jede Teilwirkung
- Monetarisierung der Wirkungen der Dachbegrünungen
- Übertragung der Nutzungsberechnungen auf den städtischen Level, auf Grundlage der tatsächlichen Verteilung der Gebäude.

## **Identification of benefits**

A literature review on this subject assisted in narrowing down the quantifiable benefits of green roof at the municipal level. These were related to reduction in water flowing into the stormwater system, the CSO system, improvements in air quality, mitigation of urban heat island effect and the reduction in energy consumption due to reduce space heating and cooling needs.

## **Quantification of impacts**

Once the benefits were identified it was necessary to quantify the impacts of green roofs to each of these benefits. For the purpose of this study the impacts were quantified based on research that has been reported to date. In as much as possible this study relied on local research. For instance the impact of green roofs on stormwater has been modeled

for a local watershed (the Markham branch of Highland Creek). This study relied on the results of the work on local watershed to quantify the impact of stormwater for the rest of the City of Toronto. Another example is the impact of green roof on air quality. For this, the study used the work done on the impact of air quality in downtown Toronto. Monetization of benefits

Once the impacts were quantified in terms of their respective benefit e.g. stormwater benefits were measured as reduction in water flow, they needed to be monetized so that an economic value could be developed for each of these benefits. Some of the work stated earlier built into it the monetary considerations of each of the benefit. For others this study had to develop functions to transfer the benefit into monetary terms. Again this study relied on local data such as from recently completed study on green roofs by the City of Waterloo for this information.

City of Toronto specific determination of benefits – use of building inventory data

Finally this study was required to determine benefits taking into account the land use in Toronto. This was achieved using a GIS database. This study was based on aggregation of results based on building distribution and land use within each watershed. Consideration was given to determine the impact of different levels of green roofing. However the final calculations were based on 100% greening of eligible roofs.

It is expected that as this project continues a method can be developed to allow different scenarios to be constructed.

The following assumptions had to be made about the eligible buildings for green roof applications in this study:

- Green roofs are considered on roofs with relatively low slope i.e. "flat" roofs with slopes less than 2%. It is possible to install green roofs on sloped roof greater than 2%. Many low-rise residential buildings, which constitute large percentage of total available roof area, have sloped roofs. However, application of green roofs on sloped surfaces is not very common and the benefits that apply to applications on "flat" roofs do not necessarily apply to sloped surfaces. The reported research on the benefits of green roofing is relevant for construction practices used in "flat" roofs and cannot easily be extrapolated to green roofs over sloped surfaces. For this reason at this time on low sloped or "flat" roofs are considered as eligible roofs for greening.
- Green roofs will be installed on building that has a roof area of at least 350 sq. m. On buildings with low slope roofs the roof surfaces are often used for positioning equipment for heating, cooling and ventilation purposes. It was determined based on empirical evidence that on average the roof would have to be at least 350 sq. m. before any significant free area would be available for greening.
- Greenery over underground parking garages or similarly non-conditioned enclosed spaces at grade level is excluded from consideration as green roofs in calculating the benefits in this study. There are three reasons for this assumption. Firstly there was no easy way to identify and measure the amount of such spaces in the GIS database. Grade level greening shown on GIS database do not distinguish between areas over spaces and areas over ground. Secondly the greening of such spaces at grade level is often covered by requirements related to site plan and development or the need by owners to maintain certain aesthetic appeal of their property. This situation would not require a separate incentive or policy for more widespread use. Thirdly the benefits resulting from such application of greenery would
- Where installed on a building green roofs will occupy an area of at least 75% of the roof footprint. The benefits in this study are estimated based on the use of extensive green roof system with a certain minimum amount of coverage. Use of intensive green roofs or greening on roofs using planters or greenhouses will result in benefits that are highly dependent on the nature of design and layout of such systems. The benefits of using these systems in terms of stormwater control and energy usage will be lower than that for a typical extensive roof. This assumption will therefore provide an upper limit of the social and environmental benefit at the municipal level.

The total area available for installation of green roofs was calculated as shown in Table 1

**Table 1:**  
**Available areas for green roof implementation**

<b>Category</b>	<b>Area in hectares (percent in bracket is of the total land area)</b>
Total estimated Land Area of Toronto	63,175
Total Building roof area	13, 478 (21%)
Total Building roof area available for greening - flat roofs greater than 350 sq. m. and 75% green roof coverage	4,984 (8%)

Hitesh Doshi  
Ryerson University Toronto  
350 Victoria Street  
Toronto, ON, Canada M5B 2K3  
[hdoshi@ryerson.ch](mailto:hdoshi@ryerson.ch)

## **Session 5B: Green roofs and environmental education**

### ***Dachbegrünung – Naturvermittlung – Umweltbildung***

# Swedish green roof research – an overview

**Louise Lundberg, Scandinavian Green Roof Institute, Malmö, Sweden**

## Abstract

The Scandinavian Green Roof Institute, SGRI, situated in Malmö, Sweden, aims to promote the use of green roofs. We work to maintain and develop the unique botanical roof garden at Augustenborg in Malmö, and to spread information on green roofs. In order to convince Swedish authorities to facilitate the greening of the city by legislation, SGRI provides opportunities for researchers to evaluate the impacts of green roofs on the environment and economy. SGRI spreads information through seminars, university courses at the Augustenborg Botanical Roof Garden, guided tours, and through the Scandinavian Green Roof Journal. Research and demonstration are the main features of the Botanical Roof Garden. In addition to large surfaces of thin eco-roofs, the botanical garden contains four architect-designed semi-intensive gardens and one roof, which is aimed at the conservation of urban biodiversity using a local gravel soil and rare plant species. In 2005, we will add solar panels and photo voltaics to the exhibition, and also use the Augustenborg Botanical Roof Garden to try out prototypes of photovoltaic blinds and a Swedish developed solar-powered cooling system.

## Ein Überblick über die Dachbegrünungsforschung in Schweden

Das Scandinavian Green Roof Institute SGRI in Malmö hat das Ziel, die Begrünung von Dächern zu fördern. Die Arbeit umfasst die Betreuung des Dach-Gartens in Augustenborg, Malmö, und die Verbreitung von Information bezüglich Dachbegrünungen. Um die Schwedische Staatsregierung zu überzeugen, Dachbegrünung in Städten und Gemeinden durch die Gesetzgebung zu fördern, bietet SGRI Forschern die Gelegenheit, die Auswirkungen von Dachbegrünung auf Umwelt und Ökonomie zu untersuchen. Weiter bietet das SGRI Seminare und Universitätskurse an, es werden Führungen geleitet sowie das Scandinavian Green Roof Journal herausgegeben.

Zusätzlich zu einigen grossen Flächen mit dünn-schichtigen Begrünungen, umfasst der Botanische Garten auch vier semi-intensive Gärten, die von Architekten geplant wurden. Ein spezielles Objekt ist dabei eine Begrünung aus regionaler Kieserde und seltenen Pflanzenarten, welche Hinweise zur Förderung der Artenvielfalt in Städten ergeben sollen. In diesem Jahr wurden Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen installiert mit Prototypen in Schweden entwickelter Solarzellen. Mit dieser Anlage soll auch die Kühlwirkung des Dachbegrünungssystems mit den Wechselwirkungen auf die Solaranlagen untersucht werden.

## 1 Green roofs in Sweden today

Modern green roof technologies have been applied in Sweden since the early 1990's. After a lag period of about five years, the technology became more generally accepted and trusted. Today architects regularly use eco-roofs, or extensive green roofs, in Sweden.

In 1998, the City of Malmö and MKB, one of the biggest housing companies in Malmö, decided to transform the existing housing development of Augustenborg into a modern "Eco City". The goal of the joint project was to introduce a new model of sustainable development for other cities to follow. The Eco City of Augustenborg is one of the most far-reaching examples in Europe of the adaptation of an existing development to ecological principles.

One of the problems in the Augustenborg development was frequent basement flooding during heavy rain. The strategy that was chosen for the drainage of the development was to construct a new open stormwater system parallel to the existing overloaded combined sewer system. The new open stormwater system includes facilities for stormwater infiltration, attractive ponds and canals as well as green roofs to retain stormwater on the available flat roofs in the development.

This is the reason the Augustenborg Botanical Roof Garden was established in 1999, situated on the roofs of an industrial estate in Malmö. The Botanical Roof Garden was built with financial support from the European Union LIFE program and from the Swedish Ministry of the Environment. It has become an attraction, and an information centre for green roofs, solar energy and sustainable development. At present it is one of Europe's principal research centers for green roof technology.

## **2 Initiatives for increased awareness and improved education**

The Scandinavian Green Roof Institute was established to support the work of the Augustenborg Botanical Roof Garden in Malmö. Scandinavian Green Roof (SGR) is a non-profit organization, with the goal of encouraging the use of green roofs. SGR is working to convince Swedish authorities to facilitate the greening of cities through legislation and economic incentives. Today, approximately 70 000 – 100 000 m<sup>2</sup> green roofs are built per year in Sweden. This number could be much higher.

The philosophy of the Institute is that research and experience with green roof technology is required in order to increase the greening of rooftops. For that purpose the Botanical Roof Garden is set up as a research facility. Scandinavian Green Roof initiates and co-ordinates research to develop better technologies, evaluate different uses of green roofs for special needs, and to document the environmental impacts of green roof technology. In addition, the facility is used to host regular national and international green roof seminars where researchers from different disciplines and from different countries can meet to exchange ideas. Local authorities in Malmö, such as the Department of Urban Drainage, are following the development of the green roof industry with interest, and are always invited to our seminars.

The Institute will act as a knowledge repository for green roof technology that is relevant to the local climate and flora, and will develop a strategy to deliver the information to increase understanding of green roofs and their benefits and to tailor that information to specific users. Developers and construction professionals, as well as architects, landscape architects and city planners need knowledge about what works in practice, and what are the optimal solutions in different situations. Building owners want to know that they are investing in something that has documented benefits and will work in practice.

University students represent a very important group for the diffusion of information, and they will one day be the professionals that influence the sustainability of our cities. The Botanical Roof Garden serves as an educational site for schools and university. Malmö University conducts an annual course on Green Roofs and the Urban Environment in co-operation with Scandinavian Green Roofs. The course provides education for future green roof enthusiasts among builders, engineers, architects and city planners. In the future, the Institute's website will host an Internet course on green roofs, developed in co-operation with Malmö University.

## **3 The research center in Malmö**

The Scandinavian Green Roof Institute initiates and co-ordinates research on green roofs. Researchers connected to the institute carry out most of their experimental work at the Augustenborg Botanical Roof Garden. The funding for the research comes from various Research Councils in Sweden, from local authorities, from private companies and from the Green Roof Institute itself. Some of the research projects conducted at Augustenborg Botanical Roof Garden are described here very briefly. A more thorough presentation is available through the publications of Scandinavian Green Roof, at [www.greenroof.se](http://www.greenroof.se).

1. Tobias Emilsson is doing a PhD on green roofs at the Swedish University for Agricultural Sciences. He is using the research plots at Augustenborg's Botanical Roof Garden, working with both technical aspects of vegetated roofs, and evaluation of vegetation systems for improved urban life quality. The technical studies include testing of different substrates, different species mixtures and different establishment techniques for the vegetation (Emilsson, 2005). These tests are complemented with long term measurements on vegetation development and an evaluation of the effect of different maintenance regimes on vegetation, individual plant species and water run-off quality. He is also studying the nutrient budget of sedum mats.

2. Lars Bengtsson and Justyna Berndtsson from the Department of Water Resources Engineering at Lund Technical University are conducting research on the water retention and run-off quality from extensive roofs. The results on water retention have shown that only about 50% of the rain that falls on the roofs drains from them averaged over a year. The thickness of the soil seems to be the single most important factor in determining how much water a vegetated roof can hold.

Based on a pilot study of the chemical contents of the run-off, sedum roofs seem to act as a sink for nitrogen and a source of phosphorus and potassium, when compared to the amounts in rain water. There is a difference between older green roofs, and newer, since the newer still have some added nutrients in them from the establishment phase.

The effect of extensive green roofs on the metal content of the run-off was minor. (Czemiel Berndtsson, 2004) Taking into account that only about 50% of the water flows off the roof, further studies may show that green roofs reduce the pollution load on the waterways.

3. Thomas Ohlsson from the Department of Animal Ecology at Lund University has studied the fauna on the roofs starting before the vegetation was planted. This is a project in which both the roofs and the ground level open storm water systems are evaluated for suitability as new habitats, to support the city's goal of increasing urban biological diversity. Sedum mats are not viewed as the optimal substrate for biodiversity on roofs. (Ohlsson, 2002.) The species number has increased in the area in the three-year study, and may be expected to keep increasing. (Ohlsson, 2004)

4. Also at Lund University, Nils Cronberg is studying the biodiversity of mosses and the development over time of the richness of these species. If green roofs can support rare moss species, they can be designed to meet conservation objectives in addition to the other benefits that they confer on buildings and cities. At present a new study has started to explore pure moss roofs as an alternative to moss-sedum. Mosses will require very small or no amounts of added nutrients, and are very effective in delaying rainwater. (Cronberg, 2001.)

5. Håkan Håkansson has made thermal measurements of energy flows through the roofs with and without extensive green roofs. Measurements have been conducted on a roof construction made of light concrete covered by asphalt felt where one part of the roof area has an additional sedum cover. The diurnal average excess temperatures over the air temperature was 2.4°C for the roof surface under the sedum cover whereas the excess temperature was 9.3°C for the roof covered by asphalt felt. This is roughly only a quarter of the excess temperature on the non-vegetated roof. (Håkansson, personal communication)

6. Jens Lagström's research has demonstrated a noise reduction of 5-10 decibels inside a building with a green roof and a rock wool drainage layer when compared to a building without these features on the roof. (Jens Lagström, 2005, under publication)

7. Tim Delshammar and others at the Swedish University of Agricultural Sciences have conducted a study of the opinions about the open storm water system and green roofs in the residential area. Both residents and employees in Augustenborg were interviewed on their impressions of the everyday functioning of the system. (Delshammar et.al, 2004)

8. Pär Söderblom of the Scandinavian Green Roof Institute has evaluated the maintenance needs of the open storm water system in Augustenborg, which is published as collected experiences. The aim is to facilitate future change to sustainable storm water management in other areas. (Söderblom, 2004)

## **4 Future research**

The green roof exhibitions at Augustenborg's Botanical Roof Garden have been extended with an exhibition of solar energy technologies. Solar panels for heat, covering almost 500 m<sup>2</sup> of roof area, have been installed on the small industrial site, and are expected to produce 250 MWH per year. Photovoltaic cells will cover an area of 100 m<sup>2</sup> and are expected to produce 11 MWH of electricity per year. Scandinavian Green Roof will also initiate a study of the mutual benefits of photovoltaics and green roofs combined. Scandinavian Green Roof and researchers from the rehabilitation gardens at Alnarp (the Swedish University for Agricultural Sciences) will conduct a study of the health and well being of both staff and patients in a senior's home that will be finished in Malmö this autumn, which will be provided with a health garden on the roof.

Food production on roof gardens is being approached in two ways: A small area of one of the roofs is used for vegetable production, and more recently two beehives were installed to increase the pollination of the roof plants and produce honey and wax. Roofs are excellent places for beehives in the city, since they are out of the way and protected from vandalism. Sedums, which are commonly used roof plants, are also good sources of nectar. This approach is for inspiration, rather than for scientific results.

## 5 References

Emilsson, 2005: Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden, Urban Forestry & Urban Greening, Vol 3/2 pp 103-111

Czemiel Berndtsson, 2004: The influence of extensive vegetated roofs on run-off water quality

Ohlsson, 2004: Birds and insects in Augustenborg Ekostad.

Ohlsson, 2002: Fågel- och insektsinventering av Augustenborgsparken 2002. Bird and insect survey in the Augustenborg park 2002.

Cronberg, 2001: Mossor på gröna tak. Mosses on green roofs.

Lagström, 2005: Do extensive green roofs subdue noise?

Delshammar et.al, 2004: Uppfattningar om öppen dagvattenhantering i Augustenborg, Malmö. Opinions about open storm water management in Augustenborg

Söderblom, 2004: Skötsel av det öppna dagvattensystemet i Augustenborg. Maintenance of the open storm water system of Augustenborg

Louise Lundberg  
Scandinavian Green Roof Institute,  
Ystadv. 56  
214 45 Malmö, Sweden  
louise.lundberg@greenroof.se

# Living roofs – A catalyst for building communities

**Jane Riddiford, Global Generation Trustee/Co- Founder, London UK**

**Charlie Green, The Office Group, London UK**

## Abstract

Global Generation is making a link between discovering the interdependence within nature and the tops of urban office buildings. Children and young people from London receive education in rural environments, and are supported to make a difference when they return to their own urban environments. A focal point of this work in London is the development of Living Roof Classrooms on new and existing Office buildings, the first being a project in King's Cross. The living roof classroom demonstrates that businesses can benefit from outside, biodiverse "break out spaces" which, at the same time, create opportunities for regeneration and education. Educational activities on the roof which support the delivery of the national curriculum include biology, design & technology, art, citizenship. The green roof is a catalyst for inspiring practical action in areas of sustainability beyond the roof, e.g. recycling in the office/ school and at home. Through its involvement in the creation of the green roof, Global Generation helps to build more relationships between business, schools and local community groups within an area of intense urban development (Channell Tunnell Rail Link). Many links and collaborations have already been generated by the green roof.

## Lebendige Dächer – ein Katalysator zur Bildung von Gemeinschaften

Die Organisation Global Generation versucht mit dem Thema Dachbegrünungen eine Brücke schlagen zu können zwischen dem Entdecken von Wechselbeziehungen innerhalb der Natur und den begrünten „Spitzen“ von städtischen Bürogebäuden. Fokus der Arbeit in London ist die Entwicklung eines „lebendigen Dachs als Klassenzimmer,, welches auf neuen und bestehenden Bürogebäuden einrichtbar ist. Das erste Projekt konnte in King's Cross realisiert werden. Das „Lebendige Klassenzimmer,, hat hier aufzeigen können, dass auch Unternehmen von den artenreichen "Freiräumen" in luftiger Höhe profitieren können. Für den Schulunterricht sind durch die Planung und Ausführung von Dachbegrünungen einige Themenfelder ansprechbar, es können Unterrichtseinheiten im Bereich Biologie, Design & Technologie, Kunst und Staatskunde entwickelt werden. Daneben ist das begrünte Dach aber vor allem auch ein Katalysator, der die Anwendung von Nachhaltigkeit ausserhalb des Daches inspirieren kann: zum Beispiel das Recycling im Büro, in der Schule und zu Hause. Durch ihre Beteiligung an der Ausführung der Dachbegrünung, hilft Global Generation mit, weitere Beziehungen zwischen Unternehmen, Schule und Gesellschaftsgruppen, aufzubauen. Viele Verbindungen und Kooperationen wurden bereits durch die ausgeführte Dachbegrünung eingeleitet und vertieft.

## 1 Introduction

This paper is based what we have been discovering through the development of a Living Roof on top of an office building in Kings Cross, Central London. The project has been a high level collaboration between Global Generation ([www.globalgeneration.org.uk](http://www.globalgeneration.org.uk)), an Educational Charity, and the Office Group ([www.theofficegroup.co.uk](http://www.theofficegroup.co.uk)), which provides Boutique Serviced Offices to 35 Small to Medium Enterprises. Livingroofs.org has provided consultancy on biodiversity and the creation of a base plate of membranes and secondary aggregates.

The plan has been to create a break out space for tenants of the offices which doubles as an outdoor classroom for children and young people in the local area. Whilst in its first year of development, this pilot project is already providing a blue print for other community business partnerships in creating Green Roofs that include social and educational dimensions along with the proven benefits to biodiversity.

The project is based in Kings Cross, one of Europe's largest brown fill sites, which, with the creation of the new Channel Tunnel Rail Link, is now becoming one of Europe's largest developments; an area of massive upheaval and in many ways huge potential. Established communities of people, plants and animals have been disrupted and, in some instances, lost. The work is now to rebuild these communities by creating new environments for biodiversity to thrive and for people to form new and positive relationships.

"I support this exciting project as a good example of how we should demonstrate the multiple benefits that living roofs offer to London, including their capacity to raise knowledge and awareness" - Ken Livingstone, Mayor of London.

## **PART ONE – THE LIVING ROOF FROM GLOBAL GENERATIONS PERSPECTIVE**

**Jane Riddiford – Global Generation Trustee/Co- Founder**

### **2 Background: why the project happened**

For the last three years, Global Generation has been involved in giving children and young people from London hands-on experiences with nature through camps on Pertwood Organic Farm in Wiltshire, an unspoiled rural area in the UK. In this environment, we observed how children and adults, from all walks of life, dropped some of the ideas that kept them in separate worlds and came together as a group more readily. For many, the experience of being in the depths of nature was completely unfamiliar, and they felt and responded to the tangible co-operation of the ecosystem around them and often began to care about something more than themselves. We also felt the emergence of a pioneering spirit, both in ourselves and in the children we work with - that vital sense of adventure and the boldness to try and make new things happen – something which is often missing in the pressure of city life.

“It was a good experience, to see the similarities in how wildlife works together and how we can all work together. I understand now that we all have similar needs.” – participant, 14 years

#### **2.1 Why a “Living Roof “**

Part of Global Generation’s mission has been to support these same young people to make a difference in their own urban environments on an ongoing basis. This has led us to think about how we could create the same context in the heart of the city, in an environment that would encourage people to come together with the confidence that things could change.

We wondered what a city would be like that really functioned as a natural ecosystem. In other words, how a community of people could function as a whole unit, together with the environment. We wanted to find new ground in the city to support the biodiversity that was being lost through building development and also to support new ideas and new ways of working amongst people. Through this enquiry, we realised that an opportunity was on our doorstep: acres of un-chartered territory lay on the roofs of London, waiting for something to happen.

Our first Living Roof project was made possible in large part to the rich business charity partnership between the Office Group and Global Generation. After a conscious decision to turn down the potential revenue of installing a mobile phone mast on the roof, the Office Group took a leap of faith by inviting Global Generation to use them as a “guinea-pig.” Since then, they have been discovering that it is possible to “put something back” into the community and the environment and, as a result, do better business, in short creating true sustainable development. The second part of this paper discusses the collaboration from the Office Groups perspective.

#### **2.2 Global Generations Core Objectives**

- To provide a catalyst for taking education out of the classroom into real life situations and, as a consequence, extend career and life choices;
- To find ways for business to become involved in the community and the environment and still meet financial bottom lines;
- To develop a creative space that supports the biodiversity of Kings Cross and encourages people to work together;
- To establish an educational model to inspire and inform other school business partnerships, particularly related to “Green or Living Roof Development” – which is a constraint on much of the Kings Cross Development;
- To evaluate and address climate change issues, through monitoring programmes i.e. potential/actual energy saving, awareness raising.

#### **2.3 Natural Connections - Bringing together different strands of the community through other partnerships**

Particularly exciting about the project has been the involvement of many individuals and organisations who have brought children, young people, and a wealth of skills, experience and contacts.

- Livingroofs.org – led by Dusty Gedge, a specialist in Green Roofs designed for biodiversity, particularly Black Red Starts
- Six form biology students from La Sainte Union Secondary School which holds specialist science status
- Local Children from Calthorpe Community Garden (across the road from the roof)

- Children and Youth Mentors from Rise Phoenix
- African and Caribbean Children from Kori Cultural Club
- Excluded and ex offending boys from The Westway Motor Project
- Hampstead Heath Conservation Team – one of London's largest parks
- London Swifts

#### **2.4 Projects on the Roof - Involving children and young people in all aspects of the development**

In order to encourage ownership of the roof by children and young people in the local community and business clients in the building, the roof has been developed through a staged workshop process beginning with the creation of a safety fence and laying the base plate of membrane and secondary aggregates.

Workshops have included:

- Construction - welding & metal work to build the safety fence;
- Building and mounting swift boxes;
- Aggregate spreading – 20 tons of secondary aggregate dropped in by a crane provided by The Channel Tunnel Rail Link contractors;
- Seed sowing – a mix of wild flowers and grasses;
- Monitoring of flora and fauna;
- Stone carving of local endangered species outlined in London's Biodiversity Action Plan. The roof will provide habitat for swifts, black redstart, stag beetles;
- Wooden floor mosaic for a central meeting area;
- Poetry inspired by the journey of the swifts;
- Mural Painting of local wildlife ;
- Gardening and willow weaving.

Wherever possible the materials used have been locally sourced or recycled, which provides a catalyst for education about wider issues. These materials include:

- 20 tons of aggregate: glass sand from recycled bottles, filter sand and fly ash from Thames Water's purification beds, crushed brick and concrete from Kings Cross;
- Solid pine beams from a piano warehouse in Kentish Town;
- Birch and Oak wooden cheeses from Hampstead Heath;
- Woodchip from Hampstead Heath;
- Wood and stones from Global Generations Campsite in Wiltshire.

#### **2.5 From Living Roof to Living Building**

Children and the concept behind the Living Roof were first introduced into the building through a photography project. Through a three-day photography workshop, local children learned about the biodiversity of Kings Cross and the need for replacing habitats. Working with a professional photographer, they took hundreds of photos out of which 12 were selected, along with their quotes, to form a permanent exhibition in the building.

The Office Group have now commissioned a local organic shop to run a café in the building, which will link with Global Generations Healthy Food and Fitness Programme. As we are beginning to build relationships with the businesses in the building we hope that opportunities for work experience will develop for teenagers involved in the roof and ideally a collaborative audit, green procurement and stewards programme.

Through hands-on involvement in the Living Roof and related Global Generation projects (e.g. residents at Pertwood, Global Citizen Tree Planting Days), it is hoped that some of the business occupants will come to experience a deeper understanding of what a living building could be, ie. that we are all part of one delicately balanced living organism. Out of this will arise the desire to make the economic and social choices that will protect our environment and contribute to the communities we live and work in.

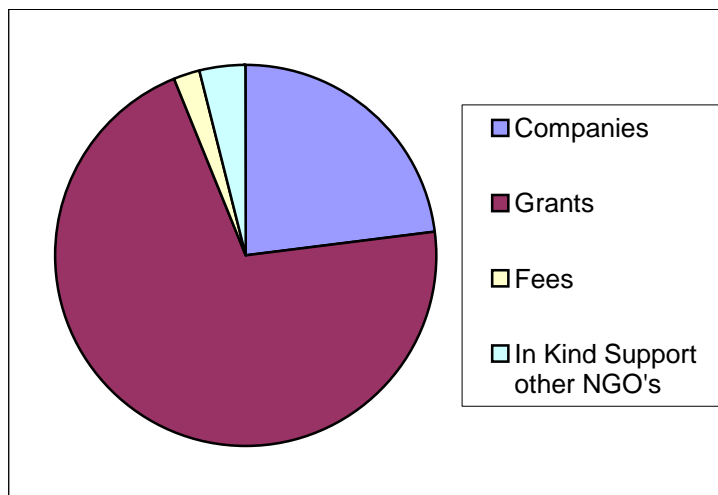
#### **2.6 Challenges and solutions – (from Global Generation's perspective)**

From the outset it was clear that The Office Group was taking a big risk in welcoming Global Generation to deliver projects on and in the building. The last few months have revealed some of these risks, and why more businesses education collaborations tend to be "after-hours" pursuits.

Challenge	Solution
Time frames - marrying the need of The Office Group to get things done yesterday with the need to mesh with either the school curriculum or holiday periods	Good communication between The Office Group and Global Generation and The Office Group with business clients in the building.
Would a children's environment undermine the fact that the roof space was also designed for the clients to both socialise and conduct high level business meetings?	Ensuring that Global Generation and the children we work with are aware that part of our work is to enhance a business environment. This has proved to be an asset, by adding a greater sense of responsibility to all involved.
Would the work done by children be of an inferior standard, and undermine the professional atmosphere of the building?	Involvement of high quality workshop leaders and genuine understanding by children that they were creating something real that truly mattered.
Kids running through the building making noise and disrupting business	Use of back stair well and formal introduction by Charlie Green, director of the Office Group at the start of each workshop programme. High adult to child ratio

## 2.7 Funding the project

To date, the project has cost just over £14,000. However it has provided a flagship to attract directly and indirectly £78,000 of additional funding to support Global Generations other projects e.g. Camps at Pertwood Organic Farm and a Healthy Food and Fitness programme.



**Figure 1** Pie chart showing in-kind and financial support attracted by the Living Roof project to support the work of Global Generation

Global Generation is grateful for the generous support of:

Ainscough and Channel Tunnel Rail Link, Bauder, Camden Local Agenda 21 Grants, Camden Neighbourhood Renewal Fund, Hampstead Heath Conservation Team –JE Hyde, JJ Trust and the Mark Leonard Trust, La Sainte Union School, Livingroofs.org, London Swifts, NHS – Primary Care Trust, The Office Group, Rail Link Countryside Initiative

## **2.8 Next steps**

Confident that the model works, Global Generation is looking to expand its portfolio of projects both with the Office Group and with other organisations. We are committed to exploring how the Living Roof Concept can provide an aerial pathway to link different parts of the community. For example, we would be interested in creating living roofs on housing estates twinned with a living roof on an office building in the local area, or a school twinned with a hospital or sports stadium. All roofs will add to biodiversity and some may have a particular theme e.g. energy, art or food production. We now feel it is vital that all projects have true collaborations, both on an emotional and on a financial level with the building owners and managers.

## **2.9 Conclusion**

In all of the projects we have found that the Living roof has captured the imagination of people, young and old alike – genuinely providing fertile ground for new ideas.

“I never realised you could do things like this on an office building; it makes me think of all the things we could do in London” 14-year-old Global Generation participant.

People seem to be more receptive about wider issues, such as biodiversity, recycling, vocational training, climate change, creativity and citizenship. We have found enthusiasm for the project emerging from the most unlikely quarters, making them question how they do business. One supporter is a shipping broker who is starting to think about how his ships could be carbon neutral. A living roof could just prove to be the hair on the head of a healthy building and, in turn, a healthy city.

# **PART TWO – THE LIVING ROOF FROM THE OFFICE GROUPS PERSPECTIVE**

**Charlie Green – Director, The Office Group**

## **3 Introduction**

The Office Group buys vacant freehold office buildings in Central London, carries out comprehensive refurbishments and then lets the space out to a variety of small and medium sized businesses on a Serviced Office basis. This young company is only 2 years old, and has a young management team. Our approach to business is strictly commercially motivated, but we've always been aware of social and environmental issues (conserving energy where possible and arranging for recycling on behalf of our tenants).

### **3.1 Why Green Roofs?**

We acquired our building on Gray's Inn Road in King's Cross in October 2004. On our initial inspection of the building, it was clear that the roof was easily accessible and provided good space, so our first thoughts were to put down some decking and an umbrella, to provide use of this outdoor space for our tenants. Following a random meeting with Global Generation, it became clear that we could create this useable space from nothing, yet at the same time put something back into the community and the environment. We also saw this additional investment as an opportunity to be different from our competition. In London, and in our market, any chance to set yourself apart from the pack is taken.

### **3.2 Objectives**

Once we committed to the Green Roof, our objectives included the following:

- Compliance with Health & Safety regulations (which the roof in its original state failed to do)
- Create a break out area and meeting area for our tenants that was in a wholly different, but attractive, environment
- In so doing, have a Unique Selling Point to the building and use this as a strong marketing tool
- Ensuring that the roof was watertight so maintenance would be at a minimum – a cost that would not otherwise be incurred with our original plan of a few chairs and decking
- Create a bio-diverse environment
- Work with the local community through Global Generation
- Doing all of this within a limited budget

### 3.3 Challenges

There have been a number of challenges along the way, and it has been a process of finding a balance with Global, both learning as we go.

Challenge	Solution
Works to the existing roof – the hand rail had to be raised, but the biggest fear was ensuring that the roof would be watertight, on a budget	Works to the hand rail were carried out at a fraction of the cost of commercial quotes. Work was carried out on the roof that was not as professional as we would have liked, but has to date done a job. I try not to think about it too much!
Weight restrictions	A second opinion proved that we didn't have to spend £20k on strengthening works, but we still have to ensure that a limited number of people can be up there at any one time (albeit this is a healthy 35-40)
Quality of the Garden - with the Global children doing much of the work, there was a real concern that it would not look professional, inviting etc	The supervisors with the children were excellent, and the range of ages meant that older students were involved in most of the actual finishes and look of the space
Children in an office environment	A major concern was potential disruption to our tenants as much of the work was carried out during business hours. There have been a few complaints on noise levels etc. but mostly the tenants have not had a problem with it, given the end result There has been the somewhat unavoidable issue of mess in the building, and some redecoration has been needed, but again this is about managing the process
Dealing with a Charity	Not so much a challenge, but certainly a learning curve, trying to find the balance between being able to offer opportunities to the charity and retaining a professional building
On-going maintenance issues	We have experienced some problems, with drainage run-off problems, but so far, provided there is close monitoring, there should be limited problems.

### 3.4 The Impact

The essence of having this roof for us as a business has achieved 2 distinct objectives:

- 1) As a business we've met in Global Generation a social and environmental agenda that we didn't know we wanted. Now we have them, we wouldn't change a thing.
- 2) We have the enormous benefit of having a competitive edge over our competition. There is no question that this roof has added to the saleability of the office space.

We can directly attribute the roof to a number of tenants' decisions to move into the building– as much for the use of the roof as for our attitude in working with the community and, at a time when climate change is an ever-present issue, doing our bit for the environment.

We have found that most of our tenants are interested in contributing in a positive way to environmental issues, but few have the time, money or inclination to actually do something about it. Our roof gives them the vicarious 'feel good' factor, so by simply letting our space, they are making a difference without having to do anything further.

### 3.5 The future

The Office Group will look into Green Roofs on all future acquisitions. We'll also work with Global Generation on every project we can. Global Generation will give us the route to investing in the community, and also allow us to benefit from the fund raising they are able to secure, reducing our capital costs.

### 3.6 Conclusion

In the UK property industry, there is much talk of sustainable development, carbon emissions and climate change. At the moment, however, it is mostly talk and there is real apathy to making changes that will address these issues. This

is largely borne out of the fact that most commercial landlords do not believe that the economics work – that tenants will pay a premium rent to reflect the additional cost.

I believe we, at Gray's Inn, have proved that it's not about achieving a higher rent, but rather about improving the lettability of your building. As mentioned, we can directly attribute a number of our client's decisions to let space from us rather than our competitors due to the roof, not the price.

We're not charging a higher rent for the privilege of the roof, but rather we use it to distinguish us from the pack in a tremendously positive and topical way. We may not get a higher rent, but the cost of the roof has not required that, because we have covered the cost by reducing our voids. Rather than simply saving on costs or looking to break even, we're aiming for the roof on Gray's Inn Road, and other buildings we may have, to directly contribute to our bottom line profit, without detracting from our core business.

Jane Riddiford  
Global Generation  
The Attic Block C, Imperial Works,  
Perren Street, Kentish Town  
London, NW5 3ED  
jane@rise phoenix.org

Charlie Green  
The Office Group

# Evaluation of the first green roofs in the District of Xochimilco in Mexico City after 15 months

Tanya Müller García

## Abstract

In addition to being the largest city in the world, Mexico City is the capital, seat of government and the center of commerce, finance and the arts in Mexico. Although divided in 16 districts, Xochimilco is the only district in Mexico City which has included green roofs as a part of its local government actions. The government finances 100% the implementation of green roofs in public schools. The number of square meters transformed into green roofs is thereby limited to the budget the program receives each year. The objective of the Green Roof Program of Xochimilco is to create new green areas in public schools, and simultaneously provide a practical aspect to the students' environmental education. The Program was first implemented in 2004, and in the last 15 months 8 public schools have installed green roofs, covering a total of 1,910 m<sup>2</sup> and using 133,700 plants. Extensive green roof systems with sedums are installed on all public schools. After 15 months we evaluated the condition of the roof tops which had not received any maintenance, and observed that *Sedum moranense* had the best response to drought and contamination (90% survival) followed by *Sedum praealtum* (85% survival). *Lampranthus spectabilis* did not tolerate the 8 months of drought from October to May. In order to achieve authorization from the schools, our program plans a series of informal conferences with the school staff and parents committee to educate them about the environmental, social and economic benefits green roofs represent and convince them of accepting the program in their school. Nearby communities are also educated about green roofs. The Green roofs of Xochimilco teach students about native flora, and awaken their interest in sustainable development.

## Beurteilung der ersten Dachbegrünungen im Bezirk Xochimilco, Mexiko-Stadt, nach 15 Monaten

Mexiko-Stadt, auch D. F. genannt (als Abkürzung für Distrito Federal, Bundesdistrikt) oder einfach Mexico, ist nicht nur die Hauptstadt, Regierungssitz, Handels-, Finanz- und Kulturzentrum Mexikos, sondern auch die größte Stadt der Welt. Mexiko-Stadt ist in 16 Bezirke aufgeteilt, von denen Xochimilco jedoch der einzige ist, der grüne Dächer in seine lokale Regierungspolitik integriert hat. Die Regierung finanziert die Installation der Dachbegrünungen in öffentlichen Schulen zu 100 %, wobei die Quadratmeterzahl, die in grüne Dächer verwandelt wird, vom Budget begrenzt wird, das diesem Programm jedes Jahr zufließt. Das Ziel des Dachbegrünungsprogramms Xochimilcos liegt in der Schaffung von neuen Grünflächen in öffentlichen Schulen, die sich innerhalb der urbanen Zone mit verminderter Grünfläche befinden und der Kombination des Programms mit einem sehr praktischen Aspekt der Umwelterziehung der Schüler. Das Programm existiert seit 2004. In den letzten 15 Monaten wurden in 8 öffentlichen Schulen grüne Dächer mit einer Gesamtzahl von 1.910 m<sup>2</sup> und 133.700 Pflanzen installiert. Das Dachbegrünungssystem, das in allen Schulen verwendet wird, ist ein extensives System mit Sedums. Nach 15 Monaten wurde der Zustand der Dächer, die keinerlei Pflegemaßnahmen erhalten hatten, eingeschätzt. Es konnte beobachtet werden, dass *Sedum moranense* am besten auf die Trockenheit und die Luftverschmutzung reagiert hat (90 % Überleben), gefolgt von *Sedum praealtum* (85 % Überleben). *Lampranthus spectabilis* tolerierte die achtmonatige Trockenzeit von Oktober bis Mai nicht. Ein wichtiger Aspekt für den Erfolg von Dachbegrünungen in Schulen ist die Akzeptanz des Programms durch die Direktoren und Lehrer. Um die Genehmigung der Schulen zu erhalten, werden eine Reihe von Informationsveranstaltungen mit den Schulangestellten und dem Elternrat durchgeführt, um sie über den Nutzen für die Umwelt und die sozialen und ökonomischen Vorteile von Dachbegrünungen aufzuklären und sie davon zu überzeugen, das Programm in ihrer Schule zu akzeptieren. Die grünen Dächer von Xochimilco gestatten den Schülern, die natürliche Flora des Tals von Mexiko kennen zu lernen, die verschiedenen Blüten, die jede Pflanzenart hervorbringt zu beobachten und ihr Interesse an Systemen zu wecken, die zu einer nachhaltigen Entwicklung ihrer urbanen Umgebung beitragen. Wenn die Dachbegrünungen fertig gestellt sind, werden die Schüler aller Schulen eingeladen, an einem Sprach- und Wandmalerei-Wettbewerb teilzunehmen, der sich auf ihre Wahrnehmung der Umwelt und Alternativen wie grüne Dächer bezieht. Ein weiterer Gesichtspunkt ist das Einbeziehen der umliegenden Gemeinden, um ihnen Wissen über Dachbegrünungen zu vermitteln. Das wird durch das Verteilen von Faltblättern mit wichtigen Informationen und Fotografien der Dachbegrünungssysteme, die in den Schulen von Xochimilco installiert wurden, erreicht.

## 1 Introduction

In addition to being Mexico's largest city, Mexico City, also known as D. F. (for Distrito Federal; Federal District) or simply as Mexico, is also the nation's capital, the seat of government and the center of commerce, finance and the arts. Mexico City lies in a valley surrounded on three sides by mountains, which serve to trap contaminants produced by the metropolitan area's 25 million residents. Mexico City represents 0.1% of the total territory of the country, which totals 1,489.86 Km<sup>2</sup>.

At 2,300 meters above sea level, Mexico City has a yearly median temperature of 15°C with pleasant summers and mild winters. Average daily highs and lows for May, the warmest month, are 26°C and 12°C, and average daily highs and lows for January, the coldest month, are 19°C and 6°C. Mexico has pronounced wet and dry seasons. Most of the country experiences a rainy season from June to mid-October and significantly less rain during the remainder of the year. February and July generally are the driest and wettest months, respectively. Mexico City, for example, receives an average of only 5 millimetres of rain during February but more than 160 millimetres in July.

Mexico City is divided in 16 districts, but Xochimilco is the only district which has included green roofs as a part of its local government actions to improve air quality. With the budget it receives from the Central City Government, the local district government finances 100% of the implementation of green roofs in public schools. The amount of square meters transformed into green roofs is, therefore, limited by the budget the program receives each year.

The objective of the Green Roof Program of Xochimilco is to create new green areas in public schools located within the urban zone. Since these areas often lack green spaces, this is meant to contribute to the improvement of local environmental conditions. A second objective of the program is to combine the program's benefits with the practical aspect of the students' environmental education, permitting them to observe and learn about new technologies regarding sustainable development.

The Program in Xochimilco was first implemented in May 2004. In the last 15 months, we have installed green roofs in 8 public schools for a total of 1,910 m<sup>2</sup> and 133,700 plants. The Green Roof System that is used in all public schools is an extensive system with a combination of different sedums, which are mostly native to the Valley of Mexico City. Extensive systems are required due to the infrastructure of the schools which, in most cases, are quite old buildings which did not consider green roof systems in their construction plans.

## 2 Technical Aspects

The school roof tops are planted during the beginning of the rainy season, which is about mid May. Until mid-October, they receive rain water and during this period one fertilization of slow liberation is applied (15-15-15) to help the plant's development and establishment. After the rainy season, the green roofs do not receive any additional maintenance.

After 15 months, we evaluated the condition of the roof tops which had not received any maintenance. We observed that *Sedum moranense* had the best response to drought and contamination (90% survival), followed by *Sedum prealtum* (85% survival). *Lampranthus spectabilis* and *Sedum amecamecanum* did not tolerate the 8 months of drought from October to May. During 2005 we have included the species *Sedum rubrotinctum* and *Sedum griseum* to observe their reactions after the rainy season and at the end of the dry season 2005-2006.

The planting density which has been used is 70 plants/ m<sup>2</sup>. These plants are transplanted when they are 5 cm tall or, in the case of for *S. prealtum*, at least 10 cm tall. The plants are produced and cared for at the nursery in the chinampas of Xochimilco for 6-8 weeks before being transplanted.

## 3 Environmental Education

A fundamental aspect for the success of green roofs in schools is approval of the Program by directors and teachers. We have experienced that it is much more difficult to make adults aware of the positive impacts important technologies such as green roofs can have on our surroundings and on their children's education. In order to achieve the school's authorization, our strategy has therefore been, first to work with the school staff and parents committees. We educate them about the environmental, social and economic benefits green roofs represent by scheduling a series of conferences, where they are free to ask any questions regarding the program and its implementation.

We have come to the conclusion that visual material, such as photographs from green buildings world-wide have a very positive impact on the audience since it gives them a clear idea to which they can relate. We are also considering mounting photographs that illustrate how their school could look once the program is implemented, enabling them to visualize their green roof.

Xochimilco's green roofs allow students to watch the transformation of their school roof during the 5 weeks of the execution, to learn about flora that is native to the Valley of Mexico City and to observe the different blossoms each plant species has. These green roofs may also stir their interests in systems of sustainable development, which can improve their urban surroundings.

Once the green roofs are concluded the students of all the schools are invited to participate in an oratory and mural arts contest which channels their perception about the environment and alternatives, such as green roofs. Authorities of the local Government and Ministry of Education as well as parents are invited to participate in these events, as is the press (radio, television and newspapers).

Since it is also important for nearby communities to learn about green roof systems, we distribute triptychs with relevant information and photographs of the green roof systems installed in schools of the district of Xochimilco. As a further educational program that is organized for the community as well as other communities, all those who wish to visit from other schools, district governments, institutions and neighbors are welcome to visit to the schools' green roofs.

Overall, green roofs have had a very good acceptance, and each day we receive more solicitations from schools who wish to enter the program. Xochimilco's green roofs have catalyzed the organization of schools from other districts to demand their district governments to provide funding for green roofs for schools in their communities. We are currently working on the project of 2 schools from different districts, who are at the initial stage of the installation of their green roof and will have it finished before the year ends.

Tanya Müller Garcia, Ing.  
Prol. Aldama 291-3 Col. San Juan Tepepan,  
D. Xochimilco C.P. 16020  
Mexico D.F.  
tmueller@roofgreening.com

# An International Call for the Greenroof Projects Database

**Linda S. Velazquez, ASLA Associate, LEED™ Accredited Professional, Publisher of Greenroofs.com, USA**

## Abstract

The greenroof industry is well established, documented and supported in Germany, and we know the estimated millions of square meters of greenroofs here. But exactly where are they, who designed them, and when? How many global greenroof projects are there? *The problem is that there are few documented case studies accessible from one place.* With so many greenroofing companies, organizations and information sources, it is easy to understand the confusion and lack of a cohesive resource. We at Greenroofs.com have compiled our "International Greenroof Projects Database" serving as the information database and clearinghouse for the greenroof movement worldwide at the individual, community, and market levels. As an independent resource, we do not represent any group or company and embrace an open source philosophy of information sharing, and do not charge for project submittals or access. Why do we need a comprehensive global reference for greenroof projects? The cataloging, presentation, and maintenance of case studies in one central location with free access offers many benefits to students, researchers, designers, public policy people, governments, and the market. What are the public and private benefits to an information service of this magnitude? Learning from one another, promotion of the industry and networking are encouraged through information sharing. During the presentation I will fully illustrate the searchable database, showing various information fields and project case studies online. As a global community we can choose to mitigate the many negative effects of a building's footprint by incorporating greenroofs – yet, we need assistance from all the various stakeholders to continue the forward momentum with continued collaboration across geographic and political boundaries. Greenroofs.com, as administrator of the international Greenroof Projects Database, is issuing an open invitation of collaboration between individuals, greenroof manufacturers, architects, researchers, students, governments, businesses and organizations and associations to share their project profiles.

## Ein Aufruf für eine internationale Dachbegrünungs Projekt-Datenbank

Die Dachbegrünungsindustrie ist in Deutschland gut etabliert, dokumentiert und unterstützt, und es ist bekannt, dass es hier viele Millionen Quadratmeter begrünte Dachflächen gibt. Wo diese genau sind, wer sie ausgeführt hat, und wann, ist jedoch in der Regel unbekannt? Wie viele Dachbegrünungsprojekte gibt es weltweit? Leider gibt es wenige dokumentierte Fallbeispiele, die für potentiell Interessierte zugänglich sind. Bei so viele Begrünungsfirmen, Organisationen und Informationsquellen, ist es einfach zu verstehen, dass trotz der Fülle ein Mangel an übergreifenden Informationen besteht, und dadurch auch Verwirrungen entstehen können. Greenroofs.com hat eine "Internationale Dachbegrünungs-Projekt-Datenbank" zusammengestellt, die als Informationsdatenbank und Verteilzentrum für die weltweite Dachbegrünungsbewegung aller Bereiche – von Privatpersonen, Firmen und öffentlichen Institutionen – genutzt werden kann. Als unabhängige Institution repräsentieren wir weder Gruppierungen noch Firmen und verfolgen eine Philosophie des transparenten Informationsaustausches. Für Projektvorschläge oder Zugang werden keine Gebühren verlangt.

Weshalb brauchen wir eine weltumfassende Zusammenstellung von Dachbegrünungsprojekten? Eine zentrale kostenlose Austauschplattform kann für Studenten, Forscher, Designer, politische Entscheidungsträger, öffentliche Verwaltungen sowie Dachbegrünungsfirmen viele Vorteile bringen. Was sind die Vorteile für Privatpersonen und Institutionen, welche diese umfassende Informationsdienstleistung nutzen möchten? Der Informationsaustausch fördert die Vernetzung von Institutionen mit dem Austausch von Know-how und begünstigt dadurch auch das Gewerbe. In der Präsentation wird die neue Datenbank inhaltlich und technisch vorgestellt. Verschiedene Informationsfelder und Projektbeispiele werden dargestellt, wie sie on-line zu finden sind. Als Gesellschaft haben wir die Möglichkeit, die vielen negativen ökologischen Wirkungen, die beim Bau eines Gebäudes unvermeidlich sind mit der Begrünung von Dachflächen zu reduzieren. Ein wesentlicher Teil bei der Optimierung der ökologischen Aufwertung unsere Städte wird durch einen konstruktiven Dialog und Austausch über verschiedene Interessengruppen über geographische und politische Grenzen hinweg erzielt. Greenroofs.com, als Begründer der "Internationalen Dachbegrünungs Projekt-Datenbank", bittet allen interessierten Personen, Dachbegrünungsfirmen, Architekten, Forschern und Studenten, sowie öffentliche Institutionen an, ihre Projektbeispiele der Datenbank zugänglich zu machen.

## **1 The Current Situation**

All of us here are aware that greenroofs are healthy, sustainable and regenerative roof landscapes that can help protect our environment by diminishing many developmental impacts on our communities, and implemented on a grand scale, on the global front as well. Greenroofs are not a panacea for our environmental construction ills, yet viewed as one layer of a green building strategy, greenroofs can mitigate urban heat islands by reducing ambient air temperatures; reduce energy use and costs; cleanse the air and water; utilize local and recycled materials; extend the life of the roof; improve aesthetics; and create greenspace for humans and wildlife while providing a psychological and physical respite to the urban concrete jungle.

For decades, the greenroof industry has been well established, documented and supported in Germany and other European nations through the combined efforts of individuals, companies, municipalities, and many professional groups and associations. To name but a few other leaders, Switzerland, the Netherlands, Sweden, Belgium, Italy, Austria, France, Norway, Denmark, and the burgeoning U.K. also have numerous projects with many more on the boards, demonstrating the quality and variety of diverse designs and applications.

Since the mid 1990's in North America, the United States and Canada have been steadily researching and incorporating hundreds of greenroofs into the fabric of ecological design construction, as is evidenced by the fact that greenroofs are included in the U.S. Green Building Council's LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Green Building Rating System™ standards. Asian nations including Japan, South Korea, China and Singapore all have policies to either encourage or require roof greening in an effort to improve environmental quality. The City of Melbourne boasts the only six Green Star-rated building in Australia - with claims to be the world's greenest multi story office building - which will showcase an innovative world class greenroof and integrated vertical landscape. Interest is keen in Latin America as well with projects in Mexico and Brazil, with researchers and professionals in Peru, Chile, and Argentina, among others. Vegetated roofs were debated for restoration efforts in Iran after the devastating 2003 earthquake, and Egypt is exploring how greenroofs to ameliorate the urban environment in Cairo by promoting roof gardens for crop growing. Greenroof related companies are also doing business in Scotland, Greece, Macedonia, Spain, Turkey and Israel - literally across the globe.

## **2 The Need for a Global Database**

The fact is, except for Antarctica, every continent boasts greenroof architecture. We know currently there are estimated to be hundreds of millions of square meters of greenroofs in Germany alone. By the late 1990's we could identify a dozen or so high profile projects across North America; compare those numbers to the present: The City of Chicago now has approximately 120 greenroofs totalling between 1.5 million and 2 million square feet (excluding two of the largest greenroofs in the world - those at Millennium Park and Soldier Field).

Clearly, we are experiencing a promising architectural phenomenon of sorts as projects continue to proliferate. The continued influence of the internet and information sharing is reducing the global learning curve for greenroofs as one option and measure of sustainable design, and increasing the desire to know more. Integrated design is essential for delivering both a cost-effective greenroof and green building, and we believe this philosophy also extends to disseminating and sharing information.

Greenroofs are everywhere. But exactly where are they, who designed them, how big are they, what products were used, and when were they constructed? How many are extensive and how many are intensive? How many greenroof projects are there in Berlin, Tokyo, New York, San Francisco, or Mexico City?

We learn about a handful of different case studies at the various conferences, and every greenroof publication highlights certain projects in their journals and websites. Each manufacturer, system provider, designer and other professionals lists their own projects on their respective websites and in company promotional material. Certain non-profit and professional organizations have done a good job in recording greenroofs in their own area or from their members. Resources for project information are scattered about tens if not hundreds of locations.

The problem is that documented case studies are not accessible from one central place and searching for individual projects from multiple locations can be confusing and extremely time-consuming.

### **3 Who Will Benefit?**

The public and private benefits to an information service of this magnitude include learning from one another, promotion of the industry and networking, all encouraged through information sharing. Benefits for a global reference will assist and inform researchers, prospective clients, product specifiers, the media, designers, other related professionals, and students. In addition, international exposure serves as an added promotional feature for all the project principals involved in each case study.

Quick and easy data queries will assist readers in specific searches. Economic and environmental research can be located by using certain keywords, for example showing projects being monitored for energy studies or stormwater retention. People can search by size for small scale projects such as chicken coops or large scale applications such as commercial and industrial buildings. Types of vegetation or growth media can be analyzed from a geographic search to see what is working in a particular locale and climate. Consultants can compile profiles from a particular product or provider. Government officials can list how many extensive greenroofs are located within their area. Students can contact researchers according to their particular field of interest. And imagine being able to locate service providers or tour actual greenroofs just by searching a particular city or country.

Certain other market sectors that can potentially benefit from prospecting the database are both roofing and landscape maintenance companies, nurseries specializing in greenroof plants, and emerging technologies which can be integrated with greenroof architecture.

As a marketing tool, a global database creates a medium whereby established builders, contractors, landscape architects, etc., can be located by potential customers searching for evidence of fact and experience found in a successful greenroof project.

Many say we need a set of international guidelines, measures and new strategies to help convince more governments and influential decision makers. Perhaps. But we also need to show these key people concrete evidence of completed case studies that modern greenroof technology is working and has been, in some cases, for over 30 years. Advantages will be found across the greenroof market at all levels. If we all cooperate, everyone will benefit from this potentially huge and important reference database of greenroof projects worldwide. Imagine the possibilities if the major players all contributed in a concerted effort! Thousands of project profiles could be accessed, with the promise of continued case studies available for the future

### **4 An Open Invitation**

Since our inception, Greenroofs.com has been working to catalogue and present greenroof case studies, and the past year we have focused our efforts on developing a searchable multi-field database. The Greenroof Projects Database is now online and continues to grow as project profiles are submitted, verified and entered into the system. Greenroofs.com's goal is to compile a comprehensive body of global greenroof projects searchable by type, date, geographic location, designer/manufacture and more, at no charge. Project data will be maintained in one central location with free project information submittal and access, and as an independent resource we do not represent any group or company and are therefore unbiased.

Greenroofs.com, as developer, host, and administrator of the international Greenroof Projects Database, is issuing an open invitation of collaboration between individuals, greenroof manufacturers, architects, researchers, students, governments, businesses, organizations and associations to share their project profiles. As a global community we can choose to mitigate the many negative effects of a building's footprint by incorporating greenroofs – yet, we need assistance from all the various stakeholders to continue our forward momentum with continued alliances across geographic and political boundaries. Teamwork increases the reach of each participant, big or small.

Who are we? Greenroofs.com (1999) is “the international greenroof industry’s resource and online information portal” and serves as a clearinghouse and reference for the greenroof movement worldwide at the individual, community, and market levels, linking our readers to hundreds of articles, upcoming events, organization news and exclusive features. Greenroofs.com is listed by the U.S. Green Building Council as the website resource for green, or vegetated, roofs for their LEED™ Green Building System.

Greenroofs.com is the result of founder and publisher Linda S. Velazquez, ASLA Associate, LEED AP, who holds a Bachelor's of Landscape Architecture from the University of Georgia (2000). The website has evolved from an independent research paper she conducted at UGA entitled "Greenroof Technology: A Viable Roofing System Addressing Urgent Urban Ecological Issues" to its current news format. The website was thus designed as a living research paper with highlights provided from many global sources, and continues with this mission of information sharing. Although Greenroofs.com is a small company, we enjoy a very strong internet presence, currently averaging over 370,000 total hits per month with 15,000 unique visitors per month (Source: WebTrends, June 2005).

## **5 About The Greenroof Projects Database**

The Greenroof Projects Database is designed to be a shared resource for the greenroof and green building industries. The searchable multi-field Database, developed by Greenroofs.com, is a unique central repository of international greenroof project data which can integrate information from various submitters. Our goal is to cultivate relationships across the board for project data sharing and submittal.

Although we may know about or have access to many case studies available across the public realm, we could not attempt to rewrite each one for entry into the Database. And why should we? The Database needs to be compiled by the people with the actual experience – the project principals, not just researchers. And each one will receive due credit.

We have developed an easy online submittal form, necessary for multi-field searching capability for each project, which results in a color brochure for each project. Up to 11 digital photos may be included, sent separately as jpg's or gif's. To encourage form entries, each complete project profile submitter will have a complimentary company, university, government, or organization logo prominently displayed next to the project name on the color brochure, with the title of "Project Partner."

One feature we are currently exploring is the ability to also display each project profile in various languages of choice of the submitters. Each non-English speaking project submitter will be responsible for translation and content. The ability to display data in diverse languages has obvious benefits, ensuring a sense of greater ownership and global dissemination.

We understand some reluctance on the part of product and system manufacturers (and even designers) of the inherent problem of too much information sharing. Some fear imitation and sales piracy. This can be a real concern in the business world after years of research and testing, especially in an emerging market. We are not asking people to share trade secrets, simply contribute as much as you or your company feels comfortable sharing.

## **6 Use the Online Greenroof Project Submittal Form**

Some of the content in the Database may be featured on other websites, but for clarity and uniformity sake each will project profile will conform to our template. See screen shot below and visit:

[http://www.greenroofs.com/submit\\_a\\_project.htm](http://www.greenroofs.com/submit_a_project.htm). The Web-based data entry template allows anyone to enter information about a building project into the online form.

Submit a Project - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Home Search Favorites

Address http://www.greenroofs.com/submit\_a\_project.htm Go Links Live365 Traffic weather WebMail

Google Search Web 2001 blocked AutoFill Options Norton AntiVirus

## Greenroof Project Submittal Form

By completing this Form for data entry and submitting images for inclusion in the Greenroof Projects Database you agree that any information you provide may be distributed freely to any users of this database or other information resources created from this database, and that you have the authority to release this material. You also certify that the information you provide is, to the best of your knowledge, accurate.

Please type or select an answer to all the required fields below:

Project Name:

Date of Completion: January 1 2005

Client Name:

City:

State/Province:

Country:

Building Type:

Example: Commercial, Municipal, Single Family Residential, Multi-Family Residential, Industrial, Multi-Use, Corporate, Educational, Park, Religious, Aviation, Above-Ground Parking Garage, At-Grade Parking Garage, or Other

Greenroof Type: Extensive

Greenroof System: Single Source Provider



Roof Size:  (ft.<sup>2</sup> or m<sup>2</sup>)

Roof Accessibility: ☒ Yes ☐ No

Open to the Public: ☐ Yes ☐ No ☐ Yes, by appt.

**Designers of Record**

You may add up to 10 names, titles and corresponding company names for all those individuals



Internet

## 7 Greenroof Projects Database Search Landing Page

Clicking on the Projects section of Greenroofs.com will take you to the Project Search landing page, which contains the multiple search fields seen below:

The screenshot shows a web browser window titled "Projects Search - Microsoft Internet Explorer". The address bar displays "http://www.greenroofs.com/projects/". The page features a navigation bar with links: "InTheNews", "UpcomingEvents", "JobLinks", "StudentForum", "MarketPlace", "ResearchLinks", "Projects", "Greenroofs101", and "Directory". The main heading is "the @greenroof projects database". Below this, a welcome message states: "Welcome to the International Greenroof Projects Database! We are fully searchable now and will continue to grow as project profiles are submitted. Help us update these existing case studies with new info and photos and submit new ones - see below!". A row of four photographs shows various green roof installations. Below the photos is a "Search by..." section with the following fields: "Project Name:" (Name: [text box]), "Project Year:" (Year: [text box]), "Location:" (City: [text box], State: [dropdown menu with "-- ALL --"], Country: [text box]), "Type:" (Application Type: [dropdown menu with "-- ALL --"], Greenroof Type: [dropdown menu with "-- ALL --"], Greenroof System: [dropdown menu with "-- ALL --"]), "Roof:" (Roof Size: [dropdown menu with "less than"], [text box] sq.ft., Roof Slope: [dropdown menu with "less than"], [text box] %), and "Accessibility:" (Accessible: [dropdown menu with "Accessible"], Public: [dropdown menu with "Public"]). A "Search" button is located at the bottom of the search section.

The Greenroof Projects Database is searchable by clicking the box next to the following fields: Project Name; Date of Completion; Client Name; City; State/Province; Country; Building Type (i.e. Commercial, Municipal, Single Family Residential, Multi-Family Residential, Industrial, Multi-Use, Corporate, Educational, Park, Religious, Aviation, Above-Ground Parking Garage, At-Grade Parking Garage, or Other); Construction Type (i.e. New or Retrofit); Greenroof Type (i.e. Extensive, Intensive, Semi-Extensive, Semi-Extensive, Extensive & Intensive); Greenroof System (i.e. Single Source Provider, Custom, Other); Designer/Company/Client Name; Roof Size (less than, equal to, greater than); Roof Slope (less than, equal to, greater than); Roof Accessibility (Yes or No); Research Criteria (Energy, Heat Island, Stormwater, Vegetation, Growth Media, Wildlife/ Biodiversity/ Health Therapy, and Other).

Or, click on List All Projects, an easy-to-use option for a quick listing of all the greenroof project profiles. As you can see by the screen shot below, at a minimum we are currently requiring the following information for each project profile resulting on the Greenroof Projects Database Search Landing Page, listed by most recent project date:

**the @greenroof projects database**

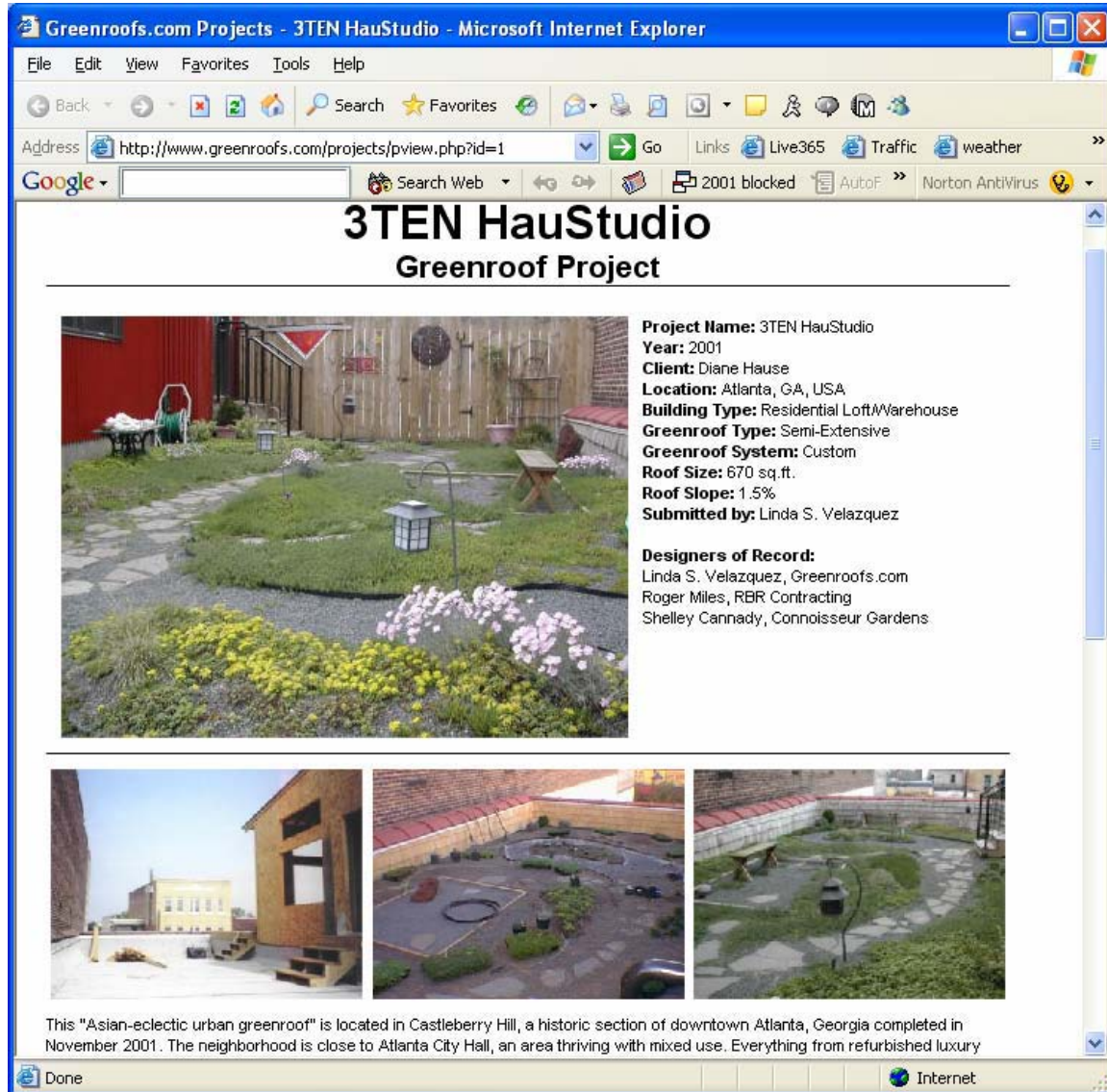
Welcome to the International Greenroof Projects Database!

Project	Year	Location	Roof Size
<a href="#">Millman/Zhu Residence</a>	2004	Boston, MA, USA	1800 ft² 167 m²
<a href="#">Earth Ways Green Roof Pavilion</a>	2004	St. Louis, MO, USA	170 ft² 16 m²
<a href="#">Ford Motor Company's Rouge River Plant</a>	2003	Dearborn, MI, USA	454000 ft² 42179 m²
<a href="#">Punggol Roof Garden</a>	2003	Singapore, Singapore	540000 ft² 50169 m²
<a href="#">Neuhoff Packing Plant Redevelopment</a>	2002	Nashville, TN, USA	2600 ft² 242 m²
<a href="#">The Earth Pledge Foundation</a>	2002	New York City, NY, USA	700 ft² 65 m²
<a href="#">The Eastview Neighbourhood Community Centre</a>	2002	Toronto, Canada	5000 ft² 465 m²
<a href="#">The Chicago Center for Green Technology</a>	2002	Chicago, IL, USA	3000 ft² 279 m²
<a href="#">Hawthorne Hostel Ecoroof</a>	2002	Portland, OR, USA	650 ft² 60 m²
<a href="#">Schule Unterensingen</a>	2002	Unterensingen, Germany	15000 ft² 1394 m²
<a href="#">MAG-Galerien Gallery</a>	2002	Geislingen/Steige, Germany	8000 ft² 743 m²
<a href="#">3TEN HauStudio</a>	2001	Atlanta, GA, USA	670 ft² 62 m²
<a href="#">Ecotrust's Jean Vollum Natural Capital Center</a>	2001	Portland, OR, USA	5123 ft² 476 m²
<a href="#">The Chicago City Hall Greenroof</a>	2001	Chicago, IL, USA	20300 ft² 1886 m²
<a href="#">The GreenZone Ford Dealership</a>	2000	Umea, Sweden	0 ft² 0 m²
<a href="#">Church of Jesus Christ of Latter-Day Saints Conference Center</a>	2000	Salt Lake City, UT, USA	217800 ft² 20235 m²
<a href="#">Optigrün International AG Headquarters Test Greenroof</a>	2000	Sigmaringen, Germany	3500 ft² 325 m²
<a href="#">Hamilton Condo Apartments</a>	1999	Portland, OR, USA	8500 ft² 790 m²
<a href="#">Mashantucket Pequot Museum</a>	1998	Mashantucket, CT, USA	0 ft² 0 m²

## 8 Minimum Data Requirements

Project Name; Year Built; Location including City, State/Province, and Country; Roof Size posted in either ft<sup>2</sup> or m<sup>2</sup> and displayed in both; Submitter's name and contact information for verification purposes.

Clicking on the Project Name will hyperlink you to a full page Project Profile Color Brochure with much more in-depth details and information:



Major project specifics are displayed here in detail on the Color Brochure. Members of the design and construction teams are also listed, and in total up to ten designers of record can be provided for each project profile. We can post up to 11 photos, including five thumbnails. The three descriptive paragraphs reflect input from the Project Submittal Form and should include the following information:

### Paragraph Description # 1: Project Background and Mission/Design Statement

Include general background information of the building and/or owner, and the Mission Statement - why the greenroof was desired, or what was the particular driver. Add designer/owner's Design Intent - function, site requirements, etc. Add any building certifications or ratings such as LEED™, BREEAM, etc., grants or other funding, and awards received (You can cut & paste in text format with 2,000 characters max.).

### **Paragraph Description # 2: Project Materials, Construction & Details**

Add the "How We Did It" info here. Include greenroof company system used or custom hybrid materials; specifics such as height of building; growth media type and depth; plant material; how long it took to construct; price/sq. ft. (optional); unique site features and/or challenges. (You can cut & paste in text format with 2,000 characters max.) Send jpg's or gif's of before, during & after construction; material sections, plans or details to email below, with photo credits.

### **Paragraph Description # 3: Additional Resources**

This is the place to list the original case study resource provider, as well as other relevant websites, newlinks, print articles, PDF's, books, etc., for further reference. If desired to be contacted for project inquiries, include contact info for designers, project manager, owner, etc.

After submitting the form online, you may attach up to 11 images to an email addressed to [projects@greenroofs.com](mailto:projects@greenroofs.com). Please include dates, captions and photo credits. By submitting images, you agree to provide Greenroofs.com unrestricted use of this digital image, in print and electronic formats, with appropriate credit as specified. You represent and warrant that you have the full right and authority to grant the rights herein granted, that all the necessary releases have been procured, and that no one else's permission is required. Format for Photos: JPG or GIF, no larger than 268x167 pixels, and 20KB.

## **9 A Call to Action**

We want to know how the Greenroof Projects Database may better serve you, the greenroof industry, and the public at large. For example, if your project falls into an "Other" field, let us know more about it so we can customize a field for you. The Database is also a living research document in that it is not meant to remain static, but evolve over time, as does everything in nature. We need to remember that the greatest potential of greenroofs lies in their capacity to cover impervious surfaces with living, breathing, permeable plant material, and while design intent may not change, Mother Nature will. We want you to send us recent information and new photos, and even "Lessons Learned" in the form of an article or brief updates.

The growing greenroof market needs a comprehensive global reference for greenroof projects, and our goal is to be inclusive, not exclusive. While an ambitious and time-consuming undertaking, with all the stakeholders' input we can make this a success. We invite you to join us in this international partnership effort by submitting your project profiles now and sharing your ideas with Greenroofs.com.

Linda S. Velazquez, ASLA Associate, LEED™ Accredited Professional, Publisher of Greenroofs.com  
3449 Lakewind Way  
Alpharetta, GA 30005, USA  
[lindasv@greenroofs.com](mailto:lindasv@greenroofs.com)

## Main sponsors / *Hauptsponsoren*



Amt für Umwelt und Energie des  
Kantons Basel-Stadt



ZinCo GmbH  
Grabenstr. 33  
D- 72669 Unterensingen, Germany

Tel +49 (0)7022/6003-540  
Fax +49 (0)7022/6003-541  
international@zinco.de  
www.zinco.de

## Sponsors / *Sponsoren*



Bundesamt für Wald und Landschaft BUWAL



Otto Hauenstein Samen  
Bahnhofstr. 92  
Seestrasse 49a  
CH- 8197 Rafz, Switzerland

Tel +41 (0)44 879 17 19  
Fax +41 (0)44 879 17 30  
info@hauenstein.ch  
www.hauenstein.ch



Sarnafil AG  
Industriestrasse  
CH- 6060 Sarnen, Switzerland

Tel +41 (0)41 666 99 66  
Fax +41 (0)41 666 98 17  
info@sarnafil.ch  
www.sarnafil.ch

## Exhibitors / *Aussteller*

Peter Vetsch  
Architekturbüro  
Lättenstrasse 23  
CH- 8953 Dietikon, Switzerland

Tel +41 (0)44 741 07 10  
Fax +41 (0)44 741 43 33  
info@vetsch.ch  
www.vetsch.ch

Daniel Labhart  
Pflegetechnik Pflanzen für Garten und Dach  
Postfach 75  
CH- 5503 Schaffhausen, Switzerland

Tel +41 (0)62 897 35 70  
Fax +41 (0)62 897 42 37  
daniel.labhart@bluewin.ch



Paul Bauder GmbH & Co. KG  
Kornfelder Landstrasse 63  
D- 70499 Stuttgart, Germany

Tel +49 (0)711 8807-0  
Fax +49 (0)711 8807-300  
stuttgart@bauder.de  
www.bauder.de



UFA-Samen Winterthur  
fenaco  
Postfach 344  
CH- 8401 Schaffhausen, Switzerland

Tel +41 (0)52 264 24 84  
Fax +41 (0)52 264 28 01  
region.ostschweiz@fenaco.com  
www.fenaco.ch



Swisspor AG  
Bahnhofstrasse 50  
CH- 6312 Steinhausen, Switzerland

Tel +41 (0)56 678 98 98  
Fax +41 (0)56 678 98 99  
info@swisspor.ch  
www.swisspor.ch



Schoop + Co AG  
CH- 5405 Baden-Dättwil, Switzerland

Tel +41 (0)56 483 35 35  
Fax +41 (0)56 483 35 36  
info@schoop.com  
www.schoop.com

## **Patron / *Gönner***

Morath AG  
Paradiesrain 10  
Postfach 1011  
CH- 4123 Allschwil