

FLACHDACHER AUF FLUGHAFEN - VORTEILE DURCH DACHBEGRÜNUNGEN

(Flat Roofs on Airports - Advantages by Vegetation)

BERND W. KRUPKA, Bad Pyrmont

Zusammenfassung: Begrünte Flachdächer haben positive ökologische und klimatische Wirkungen und finden deshalb zunehmend Anwendung auch in Flugplatzbereichen. Der Stand der Technik ist mittlerweile so, daß derartige Begrünungen absolut sicher durchgeführt werden können. Dabei kommen verschiedene intensive und extensive Formen in Betracht, die darüber hinaus auch leicht vogelfeindlich gestaltet werden können. Dies ist allerdings eine Funktion der maximal zu erreichenden Wuchshöhen und der verwendeten Artengemische beim Saatgut. Zu diesen Begrünungsformen werden bau- und vegetationstechnische Hinweise gegeben und die verschiedenen Begrünungsmöglichkeiten beispielhaft dargestellt.

Summary: Flat roofs covered with vegetation have a positive ecological and climatological effect and therefore are increasingly used also on airports. The state of the art has reached a point where such measures can be applied without risk. Different intensive and extensive variations are in use which can easily be designed in a bird repelling manner. This is, however, dependent on the maximum height of the vegetation and the mixture of varieties as examples, and structural and vegetational information is given.

1. Einführung

Die Begrünung von Flach- und Steildächern hat in den letzten Jahren erhebliche Zuwachsraten zu verzeichnen. Wie aus Industrie- und Herstellerkreisen zu erfahren ist, wurden im Jahre 1988 über 1 Mio. Quadratmeter Dachflächen begrünt.

Neben den vielfältigen ökologischen und klimatischen Ausgleichswirkungen sind es insbesondere die bauphysikalischen Vorteile, die mittlerweile auch von allen maßgebenden Baufachkreisen, Ingenieur- und Herstellerverbänden anerkannt werden. In vielen Kommunen wird im Rahmen von "Begrünungssatzungen" bzw. durch entsprechende Vorschriften in Baugenehmi-

gungen die Dachbegrünung auch zur abnahmepflichtigen Auflage gemacht. Entsprechende Festlegungen im Rahmen von Bebauungs- und Grünordnungsplanungen erfolgen zunehmend.

Auf NATO-Flugplätzen ist derzeit mit einem bundesweiten Abdichtungs- und Begrünungsprogramm der Flugzeugschutzbauten (FSB) begonnen worden. Hier hat die Bauwerksbegrünung neben dem Schutz der Abdichtung auch die Funktion der landschaftlichen Einbindung. Im Rahmen von Flughafenerweiterungsbauten werden, wie z.B. in Frankfurt, respektable Dachflächengrößen begrünt.

Die in den letzten Jahren betriebene vielfältige Forschungs- und Entwicklungstätigkeit hat insgesamt zu einem hohen Qualitätsstandard geführt. Deshalb hat auch die Bundesrepublik Deutschland auf diesem technisch-ökologischen Spezialgebiet eine führende Stellung erlangt. Der Stand der Technik ist dokumentiert in Regeln und Richtlinien und entsprechende Technologien zur Sicherung und Prüfung des Qualitätsstandards (z.B. Durchwurzelungsschutz). Dies ermöglicht die Realisierung von absolut sicheren Dachbegrünungen ohne unmittelbare oder potentielle Schäden an den Dach- und Bauwerksabdichtungen.

2. Wert und Wirkung von Dachbegrünungen

Dachbegrünungen werden eine Vielzahl von positiven Wirkungen in den Gesamtbereichen der

- Ausgleichsfunktionen und
- Schutzfunktionen zugeordnet.

2.1 Ausgleichsfunktionen

Die Ausgleichsfunktionen beziehen sich auf den visuellen, bio-ökologischen und klimatischen Bereich. Dies können jedoch immer nur Ersatzwirkungen von Vegetationsbeständen anthropogener Standorte, also einer "Natur aus zweiter Hand" sein, da eine überbaute Fläche im Prinzip nicht ersetzbar ist.

Unter den Gesichtspunkten eines umweltverträglichen Baues haben gerade Dachbegrünungen mit größeren Flächenausdehnungen einen hohen Stellenwert. Da zu erwarten ist, daß in Zukunft für alle Bauvorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden muß, ist es wichtig, sich über realistische Funktionen und Wirkungen von begrünten Dachflächen klar zu werden und entsprechende Wertmaßstäbe zu finden. Nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick über die derzeit anerkannten Wirkungen von Dachbegrünungen.

2.1.1 Ästhetischer Aspekt

- **Harmonische Einbindung** durch Vegetation in die (urbane) Landschaft (Pflanzen können niemals durch Gestaltung und Architektur ersetzt werden).
- **Visuelle Werterhöhung** eines baulichen Gesamtkomplexes für Bewohner, Arbeitnehmer und Besucher.
- **Benutzbare (begehbare) begrünte Dachflächen** haben die Funktion erlebbarer Freiräume.

2.1.2 Bio-ökologischer Aspekt

- Dachfläche als **Ausgleich** für überbauten Lebensraum.
- Dachflächen als **anthropogene Ersatzstandorte** und **Rückzugsflächen** für naturnahe Wildvegetation (Extensiv- und Spontanbegrünung).

2.1.3 Klimatischer Aspekt

- **Reduzierung der Aufheizung** (Rückstrahlung, Wärmestau).
- **Kühleffekt** durch Verdunstung von Wasser (Transpiration, Evaporation).
- **Bindung von Staub** und **Kompensation** sonstiger Immissionen.
- **Verbesserung des Kleinklimas** (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtklima) in der Nähe von Wohnungen und Arbeitsplätzen.
- **Speicherung und Abflußverzögerung** von Niederschlägen (bis 50 % und mehr); dadurch **Reduzierung der Dimensionen** von Entsorgungseinrichtungen und **Einsparung** von Abwassergebühren.

2.1.4 Kostenaspekt

- Ein teures Grundstück kann von der Fläche **doppelt genutzt** werden, da ein Teil der Freianlagen auf das Dach verlegt werden kann. Dadurch ist der weitere Flächenbedarf **reduziert**.

Die viel zitierte Sauerstoffproduktion von urbanem Grün wird hier nicht angeführt. Sie ist in der tatsächlichen Überschußbilanz **äußerst gering**, weil bei biologischen Umkehrprozessen (Assimilation-Dissimilation sowie Humusbildung etc.) der produzierte Sauerstoff weitgehend **verbraucht** wird. Die Sauerstoffbilanz ist bisher über Jahrzehnte **stabil geblieben**.

Problematisch ist nicht die Sauerstoffversorgung, sondern sind die **qualitativen und quantitativen Belastungen** durch Luftschadstoffe.

2.2 Schutzfunktion

Dachabdichtungen und Dachkonstruktionen werden als Teil der Bauwerkaußenhaut durch eine **Vielzahl klimatischer und umweltbedingter Belastungen** beansprucht, die das Lebensalter der Konstruktionen **verringern** oder gar in Einzelfällen zu **vorzeitigen Schadenssymptomen** führen können.

Flachdächer bzw. geneigte Flachdachkonstruktionen sind nach wie vor aus architektonischen wie auch kostenbedingten Gründen erforderlich. Die Flachdachtechnik kann heute, unter der Voraussetzung, daß hochwertige Stoffe verwendet werden, als absolut sicher gelten. Dachbegrünungen verlängern die Lebensdauer der Dachkonstruktion darüber hinaus durch Schutzwirkungen und verringern den Unterhaltungsaufwand. Dazu kann im einzelnen angeführt werden:

- Einschränkung der mechanischen und physikalischen Beanspruchung des Dachaufbaues und seiner Eigenbewegung durch Ausgleich von Temperaturextremen und Verlagerung des Gefrierpunktes von der Dachoberfläche in den Bodenaufbau.
- Abhalten von Strahlungseinflüssen (Alterung), insbesondere der UV- und IR-Strahlung, von der Dachabdichtung.
- Abhalten von Atmosphärien und Immissionen und Vermeidung von physikalischen, chemischen und photochemischen Stoffreaktionen und Korrosionen.
- Verhinderung von Blasenbildung der Dachhaut durch Wasserdampfausdehnung eingeschlossener Feuchtigkeit bedingt durch Aufheizung der Dachfläche.
- Schutz vor Windsogschäden.
- Schutz vor Hagelschlag.
- Zusätzliche schalldämmende Wirkung.
- Sommerlicher Wärmeschutz genutzter Räume.
- Unterstützung der Wärmedämmung bei entsprechendem Schichtaufbau.

3. Begrünungsarten

Hinsichtlich der Begrünungsart und der entsprechenden Differenzierung des Schichtaufbaus werden heute zwei grundsätzliche Unterscheidungen von Arten der Dachbegrünungen getroffen (Abb. 1):

- Extensive Dachbegrünungen: Naturnahe Begrünungen.
- Intensive Dachbegrünungen: Gärten, Grünflächen, Freiraumgestaltung auf dem Dach.

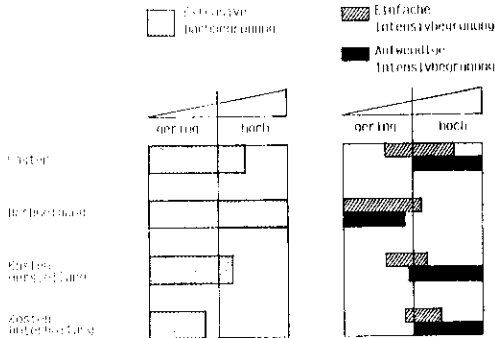


Abb. 1: Differenzierungsprofil für extensive und intensive Dachbegrünung

3.1 Definition Extensive Dachbegrünungen:

"Extensivbegrünungen umfassen nach dem gegenwärtigen Verständnis flächige Begrünungen mit niedrigen Stauden und Gehölzen, Wildkräutern, Gräsern (ein-, zwei- und mehrjährig). Es werden trockenheitsverträgliche und zeitweise Vernässung ertragende, niedrig bleibende Pflanzen verwendet, die regenerationsfähig sein müssen und einen geringen Pflegeaufwand erfordern. Sie sind mit dünn-schichtigem und vereinfachtem Bodenaufbau auf horizontalen und geneigten Flächen zu realisieren." (Aus: "Grundsätze für Dachbegrünungen" FLL Bonn, 1984).

Extensive Dachbegrünungen gibt es in verschiedenen teilweise sehr einfachen, dünn-schichtigen und leichten Vegetationsformen mit Moosen, Sukkulente(n) und Kräutern, sowie Gras-Krautlichen Pflanzungen oder Trocken- und Steppengärten.

Die Vegetationsform ist in Abhängigkeit von der verfügbaren Wasserkapazität unmittelbar von der Dicke des vegetationstechnischen Aufbaus, besonders aber von der Substratstärke abhängig.

Es können deshalb unterschieden werden:

- Dünn-schichtige Begrünungen ca. 2-6 cm Substratstärke (ca. 30-90 kg/qm)
- Mittelschichtige Begrünungen ca. 6-15 cm Substratstärke (ca. 90- 220 kg/qm)
- Dickschichtige Begrünungen ca. 15 cm Substratstärke (über 200 kg/qm).

Es ist wichtig zu wissen, daß bei einigen Vegetationsformen der Extensivbegrünungen im Spätsommer wie auch im Winter häufig braune, gelbe oder rötliche Farbaspekte (Heuwiesenaspekte von Trockenrasen) vorherrschen. Hier gibt es jedoch eine Vielzahl von Differenzierungen, so sehen z.B. Moosvegetationen im Herbst und Winter frisch grün aus, während Gräser und Kräuter oberirdisch abgestorben sind.

3.2 Definition Intensive Dachbegrünungen

"Intensivbegrünungen umfassen flächige Begrünungen Rasen, Stauden und Gehölze ebenso wie punktuelle Begrünungen mit Sträuchern und Bäumen. Es werden in der Regel anspruchsvollere Pflanzen verwendet, die einen differenzierten Bodenaufbau mit entsprechenden Ent- und Bewässerungseinrichtungen sowie eine regelmäßige Pflege erfordern." (Aus: "Grundsätze für Dachbegrünungen" FLL, Bonn, 1984).

Intensivbegrünungen werden unter Kostenaspekten für Herstellung und Unterhaltung und ästhetischen Kriterien weiter unterschieden in:

- Einfache Intensivbegrünungen
- Aufwendige Intensivbegrünungen.

Erstere sind zur Kosteneinsparung in Herstellung und Unterhaltung auf dünneren vegetations-technischen Schichtaufbauten (ab ca. 8 cm) realisierbar. Die weitgehend großflächigen, eher niedrigen Pflanzungen genügen einfachen Ansprüchen hinsichtlich Gliederung, Fläche und Höhendifferenzierung. Die Pflanzenauswahl beschränkt sich weitgehend auf bodendeckende, nicht terhärtete Pflanzen.

Unter diese Kategorie fallen auch verschiedene Formen von Wildrasen.

Die Vegetationsflächen sind in der Regel nicht begehbar, die Grasflächen jedoch betretbar. Der Pflege- und Unterhaltungsaufwand ist gegenüber der aufwendigen Intensivbegrünung reduziert (Abb. 1).

Aufwendige Intensivbegrünungen erfüllen demgegenüber hohe und höchste Ansprüche hinsichtlich Gestaltung und Einbindung des Bauwerkes. Die differenzierten Schichtaufbauten mit Ent- und Bewässerungseinrichtungen werden auf die Pflanzenauswahl und die Wuchshöhe abgestimmt.

Verwendet werden Zier- und Gebrauchsrassen sowie in größerer Sortimentsbreite Stauden und (höhere) Gehölze. Die Rasenflächen können hinsichtlich ihrer Nutzungsfunktion als belastbare Vegetationsflächen (z.B. Spielwiesen) ausgebildet werden. Der Aufwand an regelmäßiger Pflege und Unterhaltung ist in Abhängigkeit von der Pflanzenauswahl hoch bis sehr hoch.

3.3 Vogelfeindliche Dachbegrünungen

Vogelfeindliche Dachbegrünungen können sowohl im Bereich der extensiven als auch der intensiven Begrünung realisiert werden. Bei geringen Lastannahmen (ca. 30 bis 40 kg/m²) können vorkultivierte Vegetationsmatten aus Moosen und Kräutern (ca. 2–4 cm stark) mit Schlingfadenarmierung verwendet werden. Die Schlingfäden schrecken Vögel nach bisherigen Erfahrungen ("Fangwirkung der Schlingen") ab. Höhere Gras- und Kräuterbestände, die weniger angefliegen werden, (Aufwuchshöhe 15 bis 20 cm) können mit Substratstärken ab ca. 15 cm realisiert werden.

Im Bereich der Intensivbegrünung kommen vorwiegend bodendeckende, dicht schliessende, niedrige bis halbhohle Gehölzpflanzungen infrage. Im Baumschulsortiment sind eine ganze Reihe nicht bzw. geringfügig beerentragender Laub- und Nadelgehölze (z.B. *Lonicera pileata*, *Juniperus sabina*, *Pinus montana*) vorhanden, die mit Erfolg für größere Flächen verwendet werden können. Dabei sollten jedoch Monokulturen vermieden werden, ebenso wie die Anordnung höher aufwachsender Einzelgehölze, welche gezielte Anflugmöglichkeiten bieten.

Nach bisherigen Beobachtungen halten sich auf Dachbegrünungsflächen extensiver Art nur vereinzelt kleinere Bodenvögel, wie Lerchen oder Wiesenpieper, auf. In höheren bodendeckenden Gehölzbeständen wurden bisher nur Grünfinken oder Schwarzdrosseln als Brutvögel beobachtet.

Bekieste Dachflächen sind demgegenüber häufig Rastplätze auch für größere Vogelarten. Durch eine halbhohle Vegetation können diese ganz oder zumindest zeitweise ferngehalten werden.

4. Bau- und Vegetationstechnik

4.1 Bautechnische Grundsätze

Nach dem endgültigen Stand der Technik muß die Dach- und Bauwerkabdichtung durchwurzelungsfest sein oder mit einer zusätzlichen durchwurzelungsfesten Abdichtung versehen werden. Die Durchwurzelungsfestigkeit ist nach dem "FLL-Verfahren" nachzuweisen. Besondere zusätzliche Schutzlagen gegen mechanische Beschädigungen (z.B. Risiken während der Bauausführung) sind nach den Erfordernissen des Einzelfalles anzuwenden. Die gesamte Dachkonstruktion muß in bauphysikalischer Hinsicht auf die Begrünung abgestimmt sein (Berechnung des Taupunktes, Wasserdampf-Diffusionsberechnungen).

Die zusätzliche Lastannahme für die Begrünung selbst bestimmt die Auswahl der Vegetations-

formen, weil sich in Abhängigkeit von den Stoffgewichten eine bestimmte Höhe des durchwurzelbaren Raumes in Verbindung mit spezifischen Wasserkapazitäten und Bevorratungsmöglichkeiten ergibt. Häufig steht für die Begrünung nur die Lastannahme einer Dachbekiesung, d.h. 1 kN (100 kg) zur Verfügung.

Die Druckfestigkeit von Wärmedämmschichten ist zu beachten. Sicherungen gegen Windsog (DIN 1055, T4) sowie die potentielle Brandlast (DIN 4102) müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Nach den Fachregeln für Abdichtungen muß ab Oberkante Substratschicht bis Oberkante Abdichtung an Rändern und Anschlüssen ein Abstand von 10 bzw. 15 cm vorhanden sein. An allen Dachrändern, Anschlüssen, Dacheinläufen, Lüftungsrohren etc. sollte ein vegetationsfreier Streifen von ca. 50 cm zu Kontroll- und Wartungszwecken aus Kies oder Plattenbelägen hergestellt werden.

Flachdächer sollten im Regelfall mit Gefälle ($\geq 2\%$) hergestellt werden, um den grundsätzlichen entwässerungstechnischen Anforderungen zu genügen und um Vernässungsschäden - insbesondere an trockenheitsangepaßter Extensivvegetation - zu vermeiden. Bei unzureichender Gefälleausbildung muß die Dränschicht entsprechend verstärkt werden. Technisch zulässig sind gefällelose Dächer für intensive Dachbegrünungen mit Wasseranstau.

4.2 Vegetationstechnik

Für Dachbegrünungen hat sich ein funktioneller Schichtaufbau (Abb. 2) mit definierten Schichtenfolgen bewährt. Letztere werden durch am Markt angebotene Systeme häufig abgewandelt oder zusammengefaßt. Zur Beurteilung und auch Preisvergleichbarkeit sollte immer die notwendigen Grundfunktion nach den "Grundsätzen für Dachbegrünung" und die qualitative Erfüllung durch die angebotenen Stoffe überprüft werden.

4.2.1 Dränschicht

Die Möglichkeiten der stofflichen Ausbildungen von Dränschichten sind sehr vielfältig (KRUPKA, 1984; LIESECKE, 1985). Neben den rein hydraulischen Bedingungen eines ungehinderten Wasserabzuges, die rechnerisch erfaßt werden können, ist die Wasserdurchlässigkeit bzw. Wasserspeicherfähigkeit der Substratschicht zu beachten. Die Funktionssicherheit einer Dränschicht wird durch die Filterstabilität (Suffosionssicherheit) der Vegetationsschicht und die Filterfähigkeit einer in der Regel geotextilen Filterschicht gesichert. Die Filterregeln (rechenbar) sind hier anzuwenden.

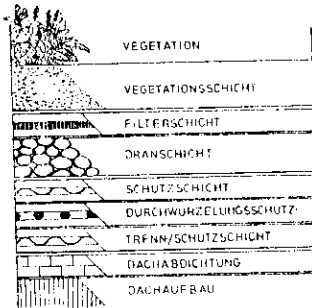


Abb. 2: Standardschichtaufbau von Dachbegrünungen

Sofern die Wasserrückhaltung bzw. Abflußverzögerung (ERNST u. WEIGERDING, 1985; KOILB, 1987; LIESECKE, 1988) unter ökologischen Zielsetzungen und zur Kosteneinsparung Teilziel der Planung sind, müssen diesbezügliche Berechnungen und Optimierungen erfolgen. Es gilt zunächst die dachtechnischen Grundanforderungen zu beachten und zu erfüllen, die eine zügige Abführung des anfallenden Dachflächen- bzw. Fassadenwassers (DIN 4095, DIN 1986 T2) vorschreibt. Neben der Anordnung einer ausreichenden Anzahl von Dacheinläufen wird bei begrünten Dächern die Entwässerung durch eine auf die Gefällesituation des Daches und vegetationstechnischen Schichtaufbaus abgestimmte Dränschicht gesichert. Der Wasserabfluß auf zwei Ebenen (Abdichtung, Substratoberfläche) ist dabei zu gewährleisten; zusätzliche Dränleitungen sind bei höherem Wasseranfall vorzusehen.

4.2.2 Vegetationsschicht

Die Umsetzung der scheinbar "einfachen" Anforderung an Vegetationsschichten zählt zu den schwierigsten vegetationstechnischen Aufgaben. Es kann hier nur dringend empfohlen werden, die Auswahl und Ausschreibung für Vegetationsschichten sehr sorgfältig zu betreiben. Es sind mindestens zehn bodenchemische und bodenphysikalische Einzelfaktoren zu beachten, von der z.B. die Wirksamkeit der Nährstoffe entscheidend abhängt. Erwähnt sei hier die Problematik des Lufthaushaltes (Wurzeln brauchen zum Leben einen Gasaustausch) oder der permanenten Versauerung (saurer Regen). Weiterhin benötigen Extensivbegrünungen in Anlehnung an natürliche Pflanzengesellschaften (z.B. Trockenrasenformen) eine den ursprünglichen Standorten entsprechende chemisch-physikalische Charakteristik des Substrates.

noch Tabelle 1

| Aufwendige Intensivbegrünung | |
|--|----------------|
| Vegetationsform | Substratstärke |
| 1. <u>Zier- und Gebrauchsrasen</u> | 6-10 cm |
| 2. <u>Niedrige, bodendeckende Gehölz-pflanzungen</u> , 10 bis 15 cm hoch | 12-15 cm |
| 3. <u>Einzel und Gruppenpflanzungen von niedrigen und hohen Gehölzen</u> (Solitärs) innerhalb der bodendeckenden Bepflanzungen | 25-40 cm |
| 4. <u>Gruppenpflanzungen von Sommerblumen und Rosen</u> | 20-30 cm |
| 5. <u>Staudenpflanzungen</u> mit niedrigen und höheren blühenden Prachtstauden | 15-25 cm |
| 6. <u>Bepflanzung von Brüstungselementen und Kübeln</u> | 20-40 cm |
| 7. <u>Kräuter- und Gemüsegärten</u> | 15-25 cm |

6. Literatur

ERNST, W. u. WEIGERDING I., 1985:

Oberflächenentwässerung, Gewässerbelastung durch ökologisch/ökonomische Planung. Bundesbaublatt 34, H. 11, S. 722-732.

ERNST, W., K.M. KOCH u. J. LOHSTRÄTTER, 1986:

Extensive Dachbegrünung - eine sichere und dauerhafte Flachdachlösung. Bundesbaublatt 35, H. 2.

HERKEN, G., 1983:

Inhalt, Gliederung, Wert und Bedeutung der neuen DIN 18195. Abgrenzungen zu den alten DIN-Normen, in: INK-Seminar 59: Bauwerksabdichtungen nach der neuen DIN 18195, Seite 1/1-1/12. Institut für Bauen mit Kunststoffen, Darmstadt, September 1983.

HOCH, E., 1984:

Begrünte Flachdächer, bautechnische und bauphysikalische Auswirkungen von Bauwerksbegrünungen bei Neu- und Altbauten. Das Dachdecker-Handwerk Heft 3.

HOCH, E., 1985:

Grün auf flachen Dächern, Dachbegrünungen bei Neubauten und Sanierungen. Das Dachdecker-Handwerk Heft 5.

HOCH, E., 1987:

Abdichtung von Flachdächern mit Begrünungen. Das Dachdecker-Handbuch 13/87.

KOLB, W., 1987:

Abflußverhältnisse extensiv begrünter Flachdächer. Zeitschrift für Vegetationstechnik 10, S. 111-116/162-166.

KOLB, W. und SCHWARZ, T., 1984:

Eigenschaften und Kosten von Substraten zur Extensivbegrünung von Flachdächern. Das Gartenamt 33, H. 2, S. 83-90.

KOLB, W. und SCHWARZ, T., 1986:

Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern. I. Kühlleistung verschiedener Gräser-Kräuter-Mischungen und Stauden bei Intensiv-Begrünungen. Zeitschrift für Vegetationstechnik 9, H. 3.

KRUPKA, B., 1986:

Planungskriterien zur Dachbegrünung aus der Sicht des Landschaftsarchitekten. Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Technische Universität Braunschweig, Heft 19, Flachdach aktuell, Beiträge vom 1. Norddeutschen Flachdachseminar 1./2.12.1986 in Braunschweig.

KRUPKA, B., 1986:

Dünnschichtige extensive Dachbegrünungen. Bauweisen mit vorkultivierten Vegetationsmatten. Bundesbaublatt, Heft 11, S. 646.

KRUPKA, B., 1986:

Dachbegrünungen: Vorteile für Sachkonstruktion und Umwelt. Allgemeine Bauzeitung, Hannover.

KRUPKA, B., 1987:

Dachbegrünungen: Aus der Praxis für die Praxis. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln.

LIESECKE, H.-J., 1978:

Bodenphysikalische Untersuchungen an porösen Baustoffen für Vegetations- und Dränschichten. Zeitschrift für Vegetationstechnik Heft 1, S. 3-15.

LIESECKE, H.-J., 1983/1984/1985:

Dachbegrünungen. Bedeutung Ausbildungsformen - Bauweisen. Bundesbaublatt 32, H.4, S. 216-221.

- Lastannahmen - Durchwurzelungsschutz - Bautechnische Erfordernisse. Bundesbaublatt 32, H. 4, S. 509-516.

- Schichtaufbau - Stoffe - Pflanzung höherer Gehölze - Be- und Entwässerung. Bundesbaublatt 33, H. 4, S. 244-254.

- Durchwurzelungsschutz und Schutz vor mechanischen Beschädigungen bei Dachbegrünungen. Bundesbaublatt 34, H. 4, S. 209-215.

LIESECKE, H.-J., 1988:

Untersuchungen zur Wasserrückhaltung bei extensiv begrünten Flachdächern. Zeitschrift für Vegetationstechnik 11, H. 2.

LIESECKE, H. J. u. KRUPKA, B., 1985:

Flachdach-Begrünungen, Planungskriterien und Baugrundsätze. In: Bund Deutscher Architekten (Hrsg.) BDA Handbuch 1985/86. Verlag Christians & Reim, Hamburg und Bonn.

MUTH, W., 1979/1981:

Bemessung der Dränung zum Schutz erdberührter Bauteile. Deutsche Bauzeitschrift, H. 7, S. 1069-1074, berichtigt (1981), H. 5.

MUTH, W. und SCHÜRHOFF, H.J., 1983:
Langzeitverhalten von Dränmatten. Kunststoffe im Bau 18, Heft 3, S. 116-119.

TEBART, W., 1987:
Mehr Sicherheit bei Dachbegrünungen. Deutsches Dachdecker-Handwerk 5/87.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.Ing. Bernd W. Krupka
Baarsen 77

3280 Bad Pyrmont

