

**Vorkommen und Bedeutung von Bodentieren  
(Makrofauna) auf begrünten Dächern in Abhängigkeit  
von der Vegetationsform**

**Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Naturwissenschaft

der Fakultät für Biologie

der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

vorgelegt

von

**Gunter Mann**

aus Horb a. N.

1998

Tag der mündlichen Prüfung:

Dekan:

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

29.10.1998

Prof. Dr. W. Wohleben

Prof. Dr. E. Müller

Prof. Dr. E. Kulzer

Diese Arbeit möchte ich meinen lieben Eltern, insbesondere meinem Vater widmen, der mir zu jeder Zeit ein Freund war, auf den ich mich verlassen konnte.

Den Herren Prof. Dr. Ewald Müller und Prof. Dr. Erwin Kulzer gehört mein herzlicher Dank für die Unterstützung meiner Arbeit und die kritische Durchsicht meiner Dissertation.

Bedanken möchte ich mich auch bei dem optima-Verbund Süd, der mich mit Rat und Tat bei den vielen Untersuchungsobjekten unterstützt hat und hilfreich zur Seite stand und bei den Diplom Biologen Susanne Zhuber-Okrog, Hendrik Turni, Jörg Spelda und Jochen Blank für die Nachbestimmung der Bodentiere.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meiner Frau Silke für die hilfreiche Durchsicht meiner Dissertation und die moralische Unterstützung bei den vielen Stunden Arbeit.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	5
<b>2. Material und Methoden</b> .....	6
2.1 Begrünte Dächer - ihre Funktionen und Wirkungen .....	6
2.2 Vegetationsentwicklung auf Dächern .....	7
2.3 Begriffe aus dem Themenbereich „Dachbegrünung“ .....	9
2.4 Beschreibung der untersuchten Dachbegrünungen .....	13
2.4.1 Geographische Einordnung der untersuchten Dächer .....	13
2.4.2 Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> .....	14
2.4.3 Praxisobjekte .....	16
2.5 Floristische und faunistische Bestandsaufnahmen sowie Methodenkritik.....	23
2.5.1 Einteilung der Untersuchungsobjekte nach Vegetationsformen .....	23
2.5.2 Faunistische Bestandsaufnahme .....	30
2.5.2.1 Barberfallen .....	30
2.5.2.2 Punkt-Bestandsaufnahmen (Handaufsammlung) .....	33
2.6 Klimadaten und eigene Temperaturmessungen.....	34
2.7 Statistische Methoden .....	35
<b>3. Charaktermerkmale für den Lebensraum „Dach“</b> .....	36
<b>4. Stand der zoologischen Untersuchungen von begrünten Dächern - Vergleichsmöglichkeiten</b> .....	40
<b>5. Versuchsanlage <i>ENSÖ</i>: Ergebnisse und Diskussion</b> .....	43
5.1 Ergebnisse .....	43
5.1.1 Auswertung der Fänge mit Barberfallen .....	43
5.1.2 Auswertung der Fänge mit Barberfallen und der Punkt-Bestandsaufnahmen hinsichtlich Bodentiergruppen.....	47
5.1.3 Faunistische Bestandsaufnahme in der Umgebung der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> und des Pflanzenlieferanten.....	51
5.2 Diskussion .....	52
5.2.1 Besiedlung eines neuen Lebensraumes und sich daraus ergebende Tendenzen für die Praxisobjekte .....	52
5.2.2 Erreichbarkeit von Gründächern und deren Neubesiedlung durch (Boden-) Tiere .....	58

<b>6.</b>	<b>Praxisobjekte: Ergebnisse und Diskussion</b> .....	63
6.1	Ergebnisse .....	63
6.1.1	Auswertung der Fänge mit Barberfallen .....	63
6.1.1.1	Dominanzverhältnisse der Tiergruppen .....	63
6.1.1.2	Phänologie ausgewählter Tiergruppen .....	67
6.1.1.3	Auswertung von Fallen unterschiedlicher Standorte .....	70
6.1.2	Auswertung der Fänge mit Barberfallen und der Punkt-Bestandsaufnahmen hinsichtlich Bodentiergruppen .....	71
6.2.	Allgemeine und spezielle Ökologie der erfaßten Bodentiere .....	88
6.2.1	Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Lumbricidae .....	88
6.2.2	Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Gastropoda .....	89
6.2.3	Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Isopoda .....	93
6.2.4	Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Diplopoda .....	95
6.3	Diskussion .....	97
6.3.1	Charakterisierung der Vegetationsformen durch verschiedene Tiergruppen, insbesondere durch Arten der Bodenmakrofauna .....	97
6.3.2	Besiedlung begrünter Dächer in Abhängigkeit von Vegetationsaufbringung, Flächengröße und Alter.....	113
6.3.3	Vergleich der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> mit den Praxisobjekten .....	115
6.3.4	Vergleich der beiden angewandten Fangmethoden .....	117
<b>7.</b>	<b>Schlußbetrachtung</b> .....	118
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	131
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	132
<b>10.</b>	<b>Anhang mit Tabellen- und Abbildungsverzeichnis</b> .....	148

## 1. Einleitung

Nach einer Informationsschrift der Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB 1997) werden in der Bundesrepublik Deutschland in jeder Sekunde acht Quadratmeter Fläche durch Baumaßnahmen versiegelt. Das sind täglich etwa 70 ha Boden, welcher der Natur nicht mehr zur Verfügung steht. Durch die 1993 in Kraft getretenen §§ 8 ff. des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) sind derartige Eingriffe in die Natur durch entsprechende Ausgleichsmaßnahmen zu kompensieren. Gründächer stellen eine mögliche Kompensationsmaßnahme dar, denen in Anbetracht des großen Potentials an sanierten bzw. neuerrichteten Flachdächern (nach ROTH-KLEYER 1995a: 85 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 1994) eine noch größere Bedeutung im Sinne des Naturschutzes beigemessen werden müßte.

Aus Sicht der Städteplaner (u.a. ACKERMANN 1992) werden begrünte Dächer sehr positiv im Hinblick auf klimatische Wirkungen bewertet (HÖSCHELE & SCHMIDT 1974). Während über die Vegetationsentwicklung zahlreiche Untersuchungen vorliegen (u.a. BORNKAMM 1961), beschränken sich die relativ wenigen faunistischen Untersuchungen bislang nur auf einzelne Elemente der Bodenfauna (DARIUS & DREPPER 1983, ZIMMERMANN 1987, MÜLLER 1988, ACHTEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, RIEDMILLER 1991, 1994, JOGER & VOWINKEL 1992, KYTZLER & SULZBERG 1992, MANN 1994, BONN 1996, MECKE 1996). In der Regel stehen diese Untersuchungen auch nicht in direktem Bezug zur Praxis und vergleichen beispielsweise oftmals nicht extensive und intensive Vegetationsformen miteinander. Erst FRÜND (1996) stellte die Frage, ob Dachbegrünungen als (dauerhafter) Lebensraum für Tiere fungieren können und monierte das Fehlen der notwendigen Basisdaten.

In der vorliegenden Arbeit wurden aus diesen Gründen Basisdaten der Makrofauna auf 125 begrünten Dächern gesammelt und die Frage untersucht, ob diese als permanente Ersatzlebensräume in Frage kommen und wie sie im Rahmen der Stadtökologie zu bewerten sind. Die Arbeit wurde in folgender Weise gegliedert:

### A. Experimentelle Untersuchungen auf unterschiedlichen Versuchsflächen eines neu errichteten Gründaches (Versuchsanlage ENSÖ):

- Welche Tiergruppen und Bodentierarten besiedeln den neuen Biotop?
- Welche Unterschiede lassen sich zwischen den einzelnen Versuchsflächen feststellen?
- Auf welchen Wegen gelangen die Tiere auf das Gründach?

### B. Vergleichende Untersuchungen an Praxisobjekten:

- Welche Tiergruppen und Bodentierarten besiedeln die verschiedenen Vegetationsformen?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Vegetationsform und dem Vorkommen von Bodentiergruppen?
- Decken sich die Befunde der Versuchsanlage ENSÖ mit den Ergebnissen der Praxisobjekte?

Danach sollen Vorschläge für die Planung und Bewertung von Dachbegrünungen erarbeitet und deren mögliche Funktionen als Kompensationsmaßnahme gemäß §§ 8 ff. BNatSchG diskutiert werden. Dabei werden die derzeit bekannten faunistischen Untersuchungen anderer Autoren berücksichtigt, um eine zusammenfassende Schlußfolgerung für die praxisnahe Anwendung geben zu können.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Begrünte Dächer - ihre Funktionen und Wirkungen**

Bei der Begrünung von Dächern stellt sich u.a. die Frage nach dem Nutzen. STIFTER (1993), HÄMMERLE (1995), MANSCHEK (1997) und KOLB (1997) geben in Kosten-Nutzen-Analysen Antworten auf den finanziellen Aspekt dieser Frage. In den nachfolgenden Abschnitten werden Passagen aus den „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL 1995) zitiert und mit Literaturverweisen ergänzt, um die wichtigsten Funktionen und Vorteile gesammelt zu nennen.

#### Städtebaulich-freiraumplanerische Funktionen und Wirkungen

1. Schaffung zusätzlicher Grünflächen und Freiräume auf der gleichen Grundstücksfläche ohne weitere Grunderwerbskosten.
2. Erhaltung und Rückgewinnung von Grünflächen und Freiräumen als Kompensationsmaßnahme an Standorten, die durch Bebauung oder Versiegelung beansprucht oder übernutzt werden.
3. Verbesserung des Stadt- und Landschaftsbildes durch vermehrtes Einbringen von Pflanzen, Grünelementen und Grünflächen als akzentuierende, gliedernde und raumbildende naturnahe Gestaltungselemente (KRÜGER 1983).
4. Verbesserung des Wohn- und Arbeitsumfeldes durch Zuordnung von erlebbaren und benutzbaren privaten und öffentlichen Freiräumen zum unmittelbaren Wohn- und Arbeitsbereich des Menschen (BERGER 1988, VASELLA & GAST 1992, KÖHLER 1993).
5. Verbesserung des naturhaften Erlebens einsehbarer Dachflächen im Nahbereich durch Pflanzen, Grünelemente und Grünflächen im Vergleich zu frei bewitterten oder bekiesten Dachflächen.

#### Ökologische Funktionen und Wirkungen

1. Berücksichtigung von Belangen der Grünplanung, der Landschaftspflege und des Naturschutzes im Siedlungsbereich und in der freien Landschaft.
2. Schaffung von Bezugsflächen und Ersatzlebensräumen für die verdrängte Flora und Fauna im Siedlungsbereich (MANN 1996b und 1997).
3. Verzögerung des Abflusses und Rückhaltung von Niederschlägen sowie Wiedereinbringen in den natürlichen Kreislauf durch Evaporation und Transpiration (LIESECKE 1995, KOLB 1993, OPTIMA 1997b, KRUPKA 1987, ERNST & WEIGERDING 1986).
4. Verbesserung des Kleinklimas durch Ausgleich von Temperaturextremen, Verminderung der Rückstrahlungsintensität auf benachbarte Bereiche, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und Verbesserung der Staubbindung im Vergleich zu einer frei bewitterten oder bekiesten Dachabdichtung (HÖSCHELE & SCHMIDT 1974, KÖHLER 1989, REICHE 1991, LIESECKE & BORGWARDT 1997).

#### Schützende und ökonomische Funktionen und Wirkungen

1. Verringerung der physikalischen, chemischen und biologischen Beanspruchung des Dachaufbaues und insbesondere der Dachabdichtung durch Ausgleich von Temperaturextremen, Abhalten von UV-Strahlen und Immissionen sowie Verhindern von Blasenbildungen und Verkrustungen (GÖTZE 1990, BERGER 1988, KIENLE 1977).

2. Einschränkung der Gefahr von äußeren mechanischen Beschädigungen der Dachabdichtung und Verminderung des Windsogeinflusses (GÖTZE 1990).
3. Verbesserung der Tritt- und Luftschalldämmung (MINKE 1984, HÖSCHELE & SCHMIDT 1974, DDV 1998).
4. Verbesserung des Schutzes gegen Flugfeuer und strahlender Wärme (Kamin) (OPTIMA 1997a).
5. Verbesserung des winterlichen und insbesondere des sommerlichen Wärmeschutzes. Der rechnerische Nachweis ist gegebenenfalls objektbezogen oder durch eine Zulassung zu erbringen (MENDEL 1985, KOLB & SCHWARZ 1986, KOLB et al. 1993, LIESECKE et al 1989, KRUPKA 1987, OHLWEIN 1984, MANN & HENNEBERG 1998a).
6. Verringerung des Abflußbeiwertes bei der Grundstücksentwässerung durch Rückhaltung von Niederschlagswasser; Entlastung der Stadtentwässerung (LIESECKE 1988 und 1995, OPTIMA 1997b, KOLB 1993, MENDEL 1985).

Zu den aufgezählten positiven Argumenten für begrünte Dächer kommt die Möglichkeit hinzu, Fördermittel über die Gemeinde zu erhalten (ZVG/GALK/FLL 1997) oder Abwassergebühren zu sparen (MENDEL 1985). DÜRR (1994) führt neben den Vorteilen von Dachbegrünung vor allem die rechtlichen Grundlagen zur Festsetzung von Gründächern in Bebauungsplänen an.

## 2.2 Vegetationsentwicklung auf Dächern

Voraussetzung für die Besiedlung von Dächern durch Tiere ist das Vorhandensein einer geeigneten Vegetation. Diese wird sowohl von den klimatischen Extrembedingungen als auch vom Substrat auf dem Dach geprägt. Die Substratschicht wiederum bildet durch ihre Schichtstärke und Wasserspeicherfähigkeit den entscheidenden Ausgangspunkt für die Vegetationsform und die Vegetationsentwicklung.

Die Natur erobert sich auch Kiesdächer zurück. Es dauert zwar meist mehrere Jahrzehnte, bis u.a. Staub, Fall-Laub und Vogelkot die organische Grundlage für die Besiedlung von Pflanzen bilden, doch dann stellen sich zuerst Moose, später *Sedum*, Gräser und Kräuter ein. Bekannte Beispiele sind die alten Kiesdächer von Berlin, die sich nach Jahren spontan begrünt und andere Dächer (DARIUS & DREPPER 1983, BORNKAMM 1961, BOSSLER & SUSZKA 1988, KREH 1945, LIESECKE 1985). Vorrangig zwei Vegetationsformen konnten sich bei der Spontanbegrünung von Kiesdächern in Abhängigkeit von der Kiesschichthöhe etablieren: Einerseits die *Sedum*-Gesellschaft „*Sedum-Sempervivum tectorum*“ an den flachen Randbereichen und andererseits die Gräser-Gesellschaft „*Poa pratensis-compressae*“ an den tieferen Stellen des Kiesdaches (BORNKAMM 1961, BOSSLER & SUSZKA 1988). KRUPKA (1992) gibt eine anschauliche Übersicht der spontanen Vegetationsbesiedlung bei unterschiedlicher Schüttung (Kies u.ä.) an.

Auch bei den künstlich angelegten Dachbegrünungen vollziehen sich abhängig von Gründachaufbau, Dachneigung, Lage und Ausgangsflora vielfältige Vegetationsentwicklungen. Vor allem auch dann, wenn eine sporadische Pflege (gelegentliches Mähen und Düngen) ausbleibt. Nach einigen Jahren ohne Pflege neigen viele extensive Dachbegrünungen dazu, entweder zu verkümmern oder zu vergrasen (OPTIMA 1997c), so daß sich der Zustand einer „Moos-Sedum-Vegetation“ oder einer „Gras-Kraut-Vegetation“ einstellt. KRUPKA (1992) faßt zusammen, welche Vegetationsstadien („Wechselvegetationsformen“) bei unterschiedlichen Ausgangsfloren nach einigen Jahren erfahrungsgemäß entstehen können (Abb. 1).

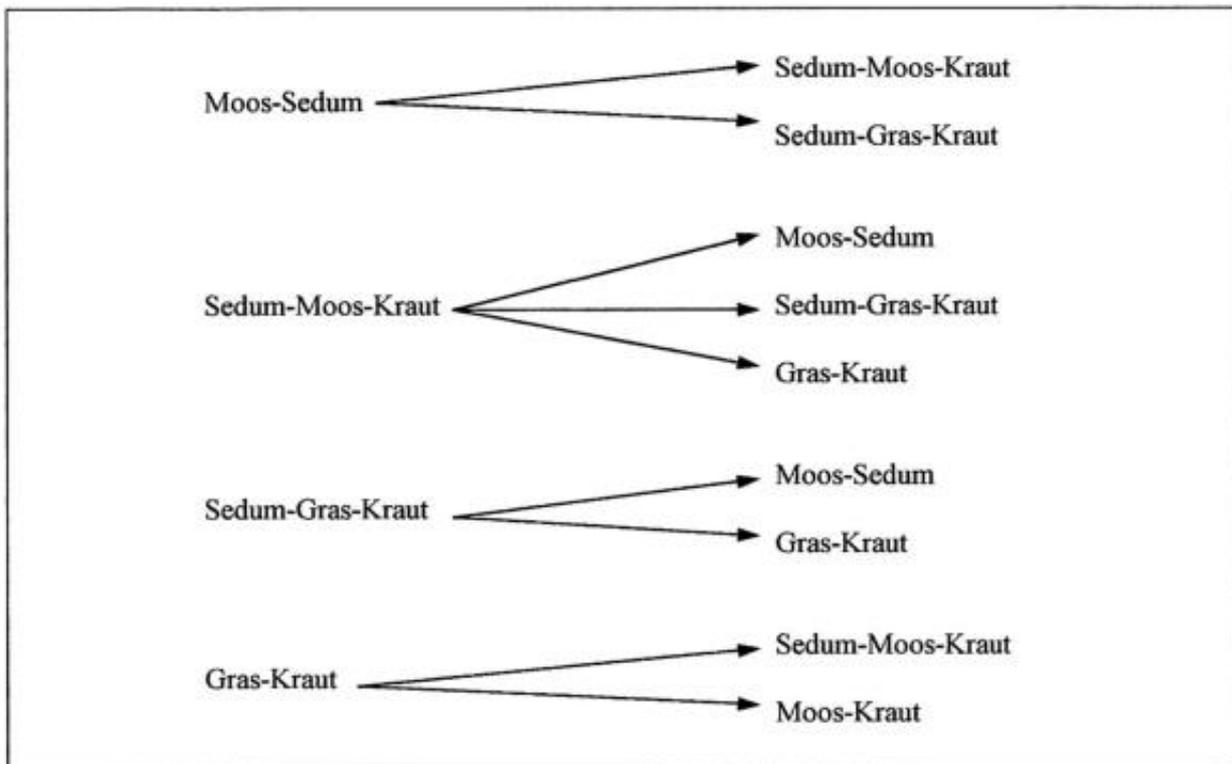


Abb. 1: Primäre Vegetationsform (links) und mögliche spätere Vegetationsformen (rechts).  
Verändert nach KRUPKA (1992).

Verschiedene Autoren (KOLB 1995, KOLB et al. 1987, KRUPKA 1992, WIENHAUS & ROTH-KLEYER 1994, HOKEMA 1994, KIERMEIER 1990, 1991a und 1991b) geben praxisnahe Empfehlungen für die Pflanzenverwendung bei unterschiedlichen Gründachaufbauten. Im Grunde ist auf Dächern bei ausreichend vorhandener Traglast die Entwicklung aller Pflanzen, sogar von Bäumen, möglich (LIESECKE 1997).

## 2.3 Begriffe aus dem Themenbereich „Dachbegrünung“

In diesem Abschnitt werden wichtige Begriffe aus dem Bereich „Dachbegrünung“, die in den nachfolgenden Kapiteln genannt werden, erläutert (vgl. auch KRUPKA 1992).

**Begrünungsart oder -form:** In der Praxis wird zwischen zwei Begrünungsarten, der → *Extensiv-* und der → *Intensivbegrünung* unterschieden.

**Extensivbegrünung:** Darunter versteht man naturnah angelegte Vegetationsformen, die sich ohne bzw. mit geringem Pflegeaufwand selbst erhalten und der natürlichen Sukzession unterliegen. Der → *Schichtaufbau* ist meist zwischen 6 und 12 cm hoch und bietet nur Pflanzen mit besonderen Anpassungsfähigkeiten an die extremen Standortbedingungen und hoher Regenerationsfähigkeit Überlebenschancen (FLL 1995).

**Intensivbegrünung:** Intensiv begrünte Dächer umfassen bei höherem → *Schichtaufbau* (25-50 cm) Pflanzungen von Stauden und Gehölzen. Aufgrund der großen Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt sind sie mit bodengebundenen Freiräumen vergleichbar. Die Vegetation stellt erhöhte Ansprüche an das Substrat, an eine regelmäßige Wasser- und Nährstoffversorgung und ist nur durch eine 1- bis 3-malige Pflege pro Jahr dauerhaft zu erhalten (FLL 1995).

**Extensiv-Intensiv-Begrünung** (Abb. 2): Extensiv-Intensive Dachbegrünungen oder Einfache Intensivbegrünungen bilden Übergangsformen zwischen Extensiv- und Intensivbegrünungen; d.h. auf einer begrünten Dachfläche sind sowohl extensiv wie auch intensiv begrünte Bereiche (meist mit → *Wasseranstau* und automatischer Bewässerung) anzutreffen. Die Höhe des → *Schichtaufbaus* kann auf einer Dachfläche zwischen 6 und 50 cm variieren. Extensiv-Intensiv-Begrünungen weisen eine hohe Struktur- und Pflanzenvielfalt auf.

**Schichtaufbau bzw. Gründachaufbau:** Unter Schichtaufbau oder Gründachaufbau ist die Gesamtheit aller Funktionsschichten (Dränage, Filter, Substrat, Vegetation) oberhalb der wurzelfesten Dachabdichtung bzw. → *Wurzelschutzbahn* hinsichtlich der Dachbegrünung zu verstehen. Die Summe aller Schichten ergibt in Abhängigkeit von der Begrünungsart eine Höhe des Schichtaufbaus von 6-50 cm. Je nach Anzahl der Funktionsschichten wird zwischen → *Ein-*, → *Zwei-* oder → *Drei-Schicht-Aufbau* unterschieden. Bei der Verwendung natürlicher Materialien ist der gesamte Schichtaufbau von Wurzeln durchsetzt und kann somit als „durchwurzelbarer Raum“ bezeichnet werden.

**Ein-Schicht-Aufbau:** Der Ein-Schicht-Aufbau i.e.S. wird nur im Schrägdachbereich ab etwa 3° Dachneigung eingesetzt und vereinigt im → *Substrat* die → *Dränage-* und → *Vegetationstragschicht*. Der Gründachaufbau besteht aus: → *Schutzvlies*, Substrat, Vegetation. Es kommt in der Praxis immer wieder vor, daß auch im Anwendungsfall Flachdach (0-3°) von einer Ein-Schicht-Begrünung gesprochen wird. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, daß genau genommen ein sogenannter → *Zwei-Schicht-Aufbau* vorliegt (vgl. KRUPKA 1991).

**Zwei-Schicht-Aufbau:** Dieser Schichtaufbau zeichnet sich durch ein vorwiegend mineralisches → *Substrat* aus, das zugleich → *Dränage-* und → *Vegetationstragschicht* ist. Die zweite Funktionsschicht besteht aus einem → *Keimsubstrat*. Auf dem → *Schutzvlies* folgen etwa 7 cm Mineralsubstrat, 1 cm Keimsubstrat und die Vegetation. Der Hauptteil der großflächigen, anspruchlosen extensiven Industriebegrünungen wird im kostengünstigen Zwei-Schicht-Aufbau ausgeführt.

**Drei-Schicht-Aufbau** (Abb. 2): Anspruchsvollere Extensivbegrünungen und alle Intensivbegrünungen werden im Drei-Schicht-Aufbau gebaut. Die drei angesprochenen Funktionsschichten sind → *Dränschicht*, → *Filterschicht* und → *Vegetationstragschicht*. Durch die Gliederung der Drainage- und der Vegetationstragschicht in zwei durch ein Filtervlies getrennte Schichten kann einerseits die Vegetationstragschicht optimiert und andererseits bei Intensivbegrünungen in der Drainage ein → *Wasseranstau* durchgeführt werden. Die Pflanzen durchwurzeln das Filtervlies bis in die Dränschicht und somit den gesamten Schichtaufbau.

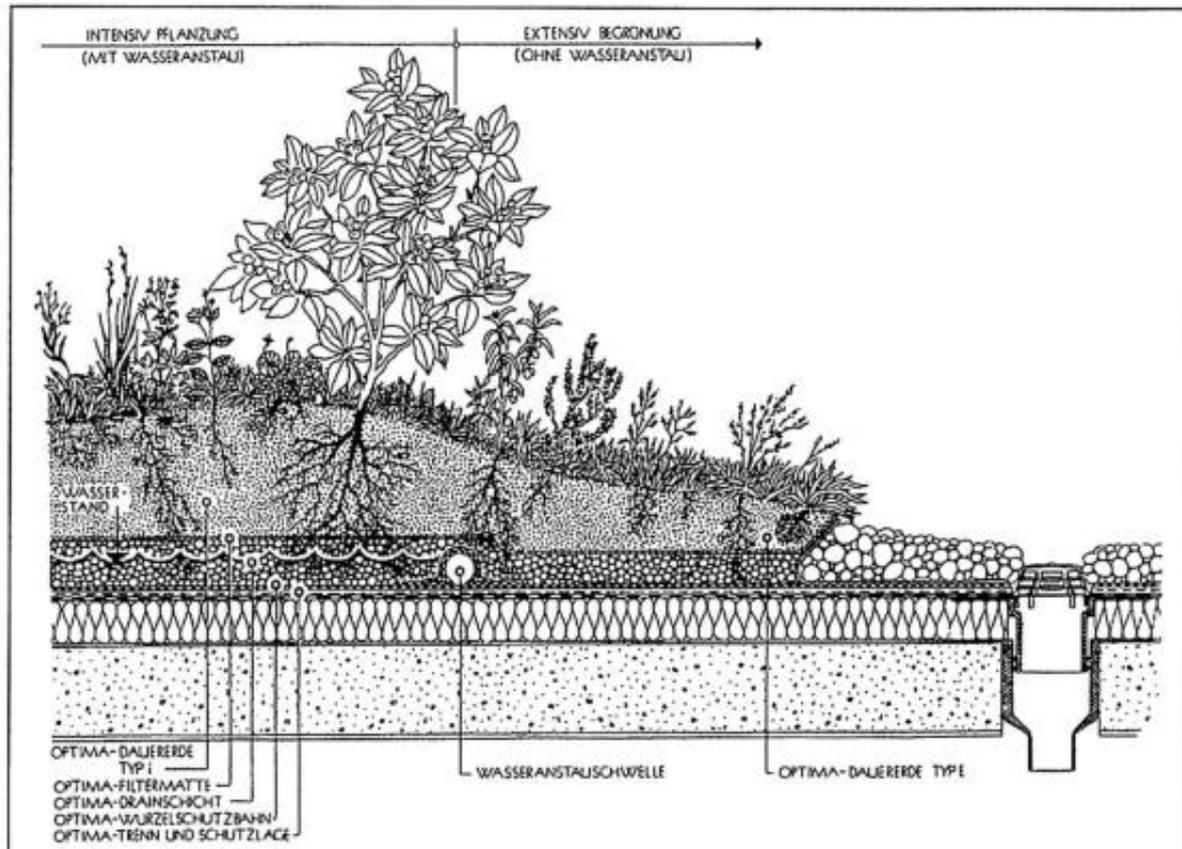


Abb. 2: Schematischer Schnitt durch den Aufbau einer Extensiv-Intensiv-Begrünung (OPTIMA 1993).

**Wurzelschutzbahn:** Eine Wurzelschutzbahn (heute meist noch PVC-Material) wird auf der Dachabdichtung verlegt, wenn diese nicht nach → *FLL* (1995) wurzelfest ist. Wurzelschutzbahnen und wurzelfeste Dachabdichtungen müssen vor ihrer Verwendung als Wurzelschutz das Prüfverfahren der *FLL* (1995), eine vierjährige, standardisierte Untersuchung, erfolgreich abgeschlossen haben.

**Schutzvlies:** Dient dem Schutz der Dachabdichtung bzw. der Wurzelschutzbahn. Als Schutzlage können z.B. Polypropylenvliese mit einem Gewicht von 300-900 g/m<sup>2</sup> verwendet werden.

**Dränage/Dränschicht:** Die Dränage kann aus natürlichem mineralischen Material oder aus Kunststoff-Dränelementen bestehen und hat zwei wesentliche Aufgaben: Zum einen das von den Pflanzen nicht benötigte Regenwasser zu speichern und zum anderen das anfallende überschüssige Niederschlagswasser zügig abzuleiten, damit keine Staunässe auftreten kann. Bei Intensivbegrünungen ist es aus ökonomischen Gesichtspunkten von Vorteil, in der Dränschicht einen → *Wasseranstau* anzulegen. Die Vor- und Nachteile von natürlichen und künstlichen Dränagen erläuterten LIESECKE et al (1989) in einer Gegenüberstellung.

**Wasseranstau:** Ein Wasseranstau erfolgt in etwa halber Schichtstärke der Dränschicht, wobei ein Wasserreservoir entsteht, das den Pflanzen in niederschlagsarmer Zeit zur Verfügung steht. Ein Wasseranstau ist nur bei Intensivbegrünungen sinnvoll; bei extensiven Dachbegrünungen sind dagegen aus pflanzenphysiologischer Sicht Nachteile zu erwarten. „Bei Intensivbegrünungen ist die Kombination von Wasserspeicherung in der Vegetationstragschicht mit Wasseranstau in der Dränschicht nach dem derzeitigen Erkenntnisstand die am nachhaltigsten wirksame, wirtschaftliche und ökologische Notwendigkeiten gleichermaßen berücksichtigende Form der Wasserbevorratung (FLL 1995).“

**Filterschicht/Filtervlies:** Verhindert als Trennschicht das Einschlämmen von Feinanteilen aus der Vegetationstragschicht in die Dränschicht. Das nur wenige Millimeter dünne Filtervlies (meist 150-200 g/m<sup>2</sup>) ist durchwurzelbar und verrottungsfest.

**Vegetationstragschicht:** Unter Vegetationstragschicht (→ *Substrat*) versteht man den Raum, der von den Pflanzen am intensivsten durchwurzelt wird und der zugleich Wasser und Nährstoffe zur Verfügung stellt.

**Substrat:** Für den besonderen Verwendungszweck „Dachbegrünung“ technisch hergestellte Bodenmischungen, die meist leicht und mit einer möglichst hohen Wasserspeicherkapazität ausgestattet sein sollten. Bestandteile sind u.a. Lava, Bims, Blähschiefer, Ziegelbruch, Hochofenschlacke, Kompost und Rindenhumus. Es gibt je nach Anwendungsbereich verschiedene Substrattypen (z.B. Mineralsubstrat, Extensiv- und Intensivsubstrat), die den Kenndaten der → *FLL-Richtlinien* (FLL 1995) entsprechen müssen (MANN & HENNEBERG 1998b).

**Keimsubstrat:** Substrat aus überwiegend organischen Bestandteilen, das in geringer Schichthöhe auf das Mineralsubstrat aufgebracht wird, um den Pflanzen ein verbessertes Keim- bzw. Anwuchsmilieu zu geben. Es dient zur Verbesserung des Wasser- und Nährstoffhaushaltes.

**Substrataufbringung:** Das Dachbegrünungs-Substrat kann auf verschiedenen Wegen auf das Dach gelangen: lose (d.h. vom LKW gekippt und in einer Box auf das Dach transportiert), in Säcken (oft 50 Liter Säcke), in sogenannten Big-Bags (meist 2 m<sup>3</sup> große Einweg-Kunststoff-Säcke) und geblasen (d.h. von einem Silo-LKW mit Druckluft über Schläuche hochbefördert).

**Vegetationsaufbringung:** Die Pflanzen können in unterschiedlicher Art und Weise auf dem Dach ausgebracht werden: Saat, Sprossen, Pflanzen, Vegetationsmatten. Die kostengünstigste Variante bei großflächigen Extensivbegrünungen ist das Ausbringen von Saatgut in Verbindung mit Sproßteilen von *Sedum*-Pflanzen im Anspritzverfahren (HÄMMERLE 1994). Bei gärtnerisch gestalteten Dächern werden in Dachgarten-Substrat herangezogene Flachballenstauden und Containerpflanzen verwendet. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, vorkultivierte Vegetationsmatten (ähnlich wie Rollrasen) auszulegen. Die zuletzt genannte Möglichkeit kommt vor allem bei Steildächern zur Ausführung.

**FLL-Richtlinien:** Die „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL 1995) stellen den aktuellen, anerkannten Stand der Dachbegrünungs-Technik dar und geben Planungshinweise und Anforderungen an die Eigenschaften der Dachbegrünungsmaterialien vor. In den FLL-Richtlinien werden u.a. die Prüfung auf Wurzelfestigkeit der Abdichtungen bzw. Wurzelschutzbahnen und die Vorgehensweise für Substratanalysen definiert.

## 2.4 Beschreibung der untersuchten Dachbegrünungen

Die Datenerhebung der vorliegenden Arbeit erfolgte über einen Zeitraum von vier Jahren und erstreckte sich über insgesamt 125 verschiedene Untersuchungsobjekte. Um die möglicherweise Einfluß nehmenden Randbedingungen wie Alter, Flächengröße, Umfeld usw. ausschalten zu können bzw. umfassende Daten zur Diskussion zu sammeln, wurden neben begrünten Dächern in verschiedenen Städten auch Probeflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* der Firma *optima-Zentrale Süd* in Krauchenwies untersucht. So konnten die Daten der unter gleichen Randbedingungen stehenden Flächen der Versuchsanlage *ENSÖ* erfaßt, Tendenzen angegeben und diese Daten mit den Ergebnissen von Praxisobjekten verglichen werden.

### 2.4.1 Geographische Einordnung der untersuchten Dächer

Die untersuchten Dächer befinden sich größtenteils in Baden-Württemberg im Süden Deutschlands. Ergänzend kommen einige Objekte aus Saarlouis (Saarland), Erfurt (Thüringen) und Linz (Österreich) dazu.

Tab. 5: Auflistung der Städte, in denen im Rahmen der vorliegenden Arbeit Dachbegrünungen untersucht wurden

Stadt	Anzahl der untersuchten Objekte	Untersuchungsjahr	Stadt	Anzahl der untersuchten Objekte	Untersuchungsjahr
Albstadt	1	1997	Neckartailfingen	1	1997
Althengstett	1	1997	Nürtingen	1	1997
Balingen	1	1997	Pforzheim	4	1997
Böblingen	13	1993/96/97	Pfullingen	4	1996/97
Calw	1	1997	Reutlingen	4	1996/97
Deizisau	2	1996	Rust	1	1997
Donaueschingen	3	1997	Saarlouis	4	1997
Dunningen	2	1997	Schönaich	1	1997
Eningen	2	1996/97	Sigmaringen	6	1996/97
Erfurt	7	1997	Sindelfingen	6	1993/96/97
Ettlingen	4	1997	Stuttgart	23	1996/97
Gärtringen	1	1997	Sulz	1	1997
Heilbronn	3	1997	Tettnang	1	1996
Krauchenwies	4	1996/97	Tübingen	1	1996
Leonberg	7	1996/97	Ulm	2	1997
Linz, Österreich	3	1995	Unterhausen	1	1997
Malterdingen	1	1997	Weingarten	1	1996
Müllheim	2	1997	Wörth	2	1997
Munderkingen	3	1997			

## 2.4.2 Versuchsanlage *ENSÖ* (Extensiv Naturdach Solarbewässert Ökologisch)

Die Dachbegrünungsfirma *optima-Zentrale Süd* in Krauchenwies errichtete auf ihrem Werksgelände im Rahmen ihres vom Land Baden-Württemberg unterstützten Forschungsprojektes *ENSÖ* 1994/95 ein insgesamt über 500 m<sup>2</sup> großes Versuchsdach (Abb. 3). Ziele des Projektes *ENSÖ* sind u.a. die Erfassung von Daten bzgl. Regenabflußwerten und Temperaturverhalten von unterschiedlich begrünten Dächern. So wurden insgesamt 23 verschiedene, 12-24 m<sup>2</sup> große Versuchsflächen errichtet, die sich bei unterschiedlicher Dachneigung (0°, 1°, 15°) in ihrem Schichtaufbau und damit in ihrer Vegetation unterscheiden. Das im Tal liegende Werksgelände befindet sich in dem Ort Göggingen zwischen Krauchenwies und Meßkirch. Das Gelände wird von der *Ablach* und von regelmäßig gemähten Fettwiesen umgeben.

Von den 23 Versuchsflächen wurden acht Probeflächen für die vorliegende Untersuchung ausgewählt, die sich nur in der Begrünungsart und im Schichtaufbau voneinander unterscheiden. Dachneigung (0°-Flachdach), Flächengröße (12 m<sup>2</sup>), Alter (Baujahr Mai 1995), Dachkonstruktion (Warmdach, d.h. mit Wärmedämmung unter der Dachabdichtung) und Umgebung sind bei den Untersuchungsflächen identisch. Die einzelnen Flächen sind nur durch eine geringe Aufkantung von etwa 3 cm Höhe voneinander getrennt, so daß es den Tieren möglich war, je nach Habitatsansprüchen und Mobilität in andere Bereiche überzusiedeln. Alle Probeflächen wurden vom 8.-10. Mai 1995 mit Flachballenstauden und Containerpflanzen bepflanzt. Die Pflanzendecke war innerhalb eines Jahres zu annähernd 90 % geschlossen, die Vegetationsformen änderten sich während des Untersuchungszeitraumes nicht. In Tab. 2 werden die Flächen im Einzelnen aufgelistet sowie deren Schichtaufbau und Vegetationsform beschrieben. HEINRICHS (1998) und LIESECKE (1998a) beschreiben den Versuchsaufbau, die Pflanzenauswahl und die Vegetationsentwicklung für alle Versuchsflächen.

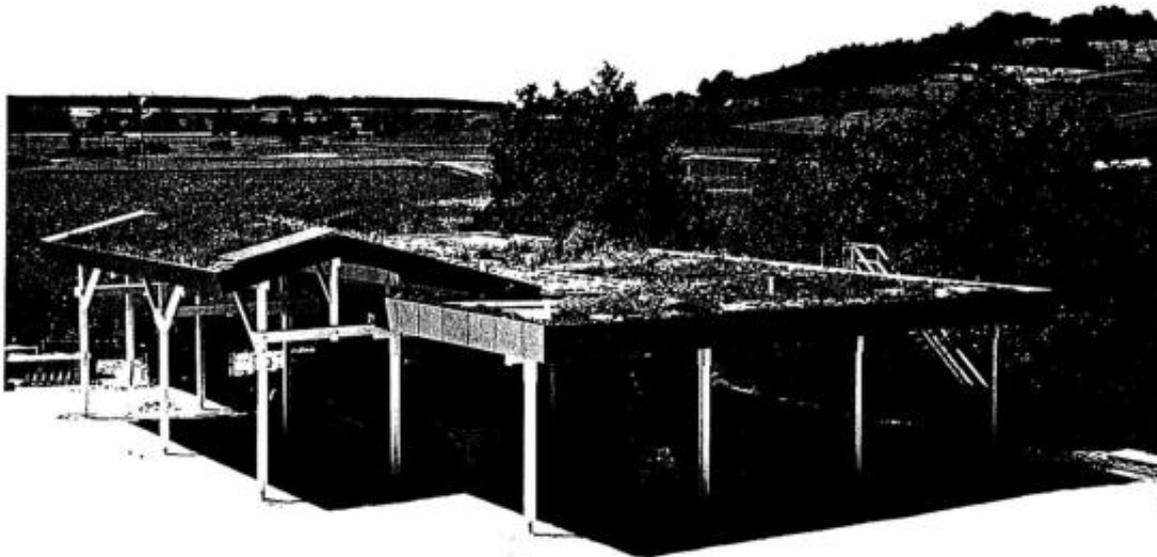


Abb. 3: Die Versuchsanlage *ENSÖ* mit unterschiedlichen Gründachaufbauten

Tab. 2: Die untersuchten Teilflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* im Überblick

Fläche	Schicht- aufbau	Max. Rück- zugtiefe	Vegetations- form	Vegetations- aufbringung
<i>ENSÖ 2</i>	3-Schicht	15 cm	Hohe Stauden u. Sträucher	Pfl
<i>ENSÖ 3</i>	3-Schicht	20 cm	Hohe Stauden u. Sträucher	Pfl
<i>ENSÖ 4</i>	3-Schicht	5 cm	Wildstauden-Gehölze	Pfl
<i>ENSÖ 5</i>	2-Schicht	5 cm	Sedum	Pfl, Sp
<i>ENSÖ 6</i>	3-Schicht	10 cm	Sedum-Gras-Kraut (-Gehölze)	Pfl
<i>ENSÖ 7</i>	3-Schicht	5 cm	Sedum-Gras-Kraut	Pfl
<i>ENSÖ 22</i>	Kies	5 cm	Kies	-
<i>ENSÖ 23</i>	2-Schicht	7 cm	Sedum	Pfl, Sp

Pfl=Pflanzung, Sp=Sprossen

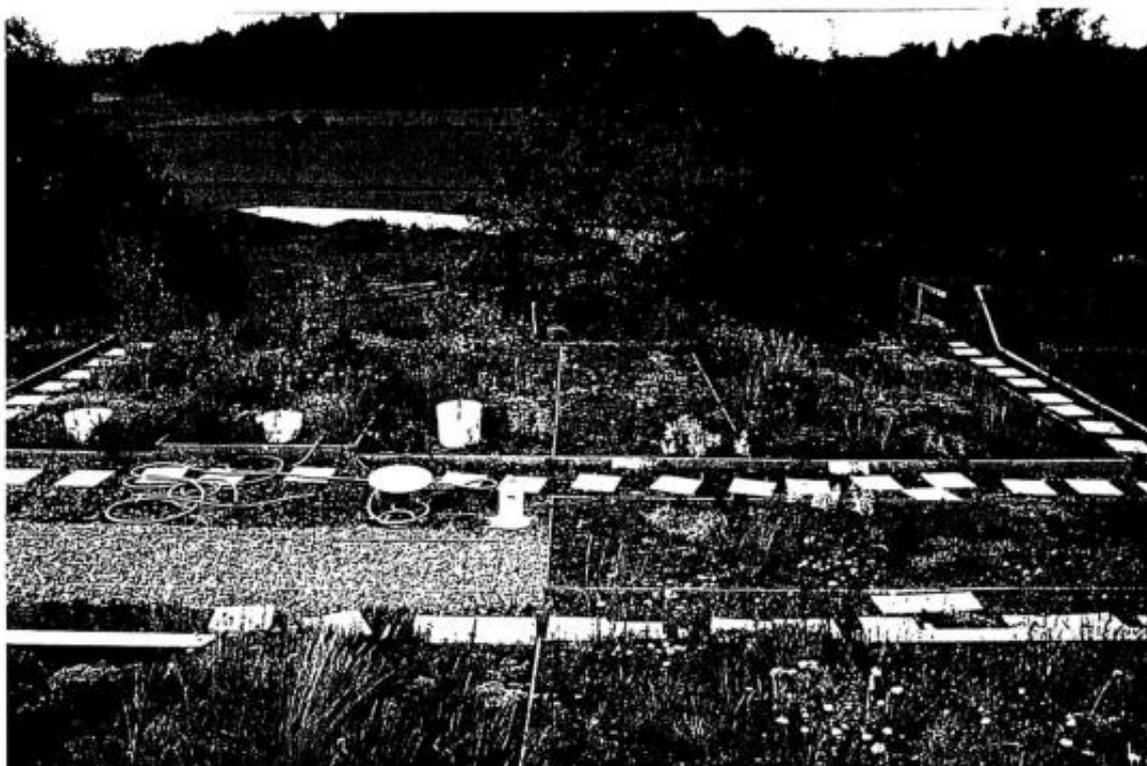


Abb. 4: Die acht Untersuchungsflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* auf einen Blick

### 2.4.3 Praxisobjekte

FRÜND (1996) ermittelte Alter und Flächengröße von 42 zoologisch erfaßten Dachbegrünungen verschiedener Autoren und stellte fest, daß die meisten gärtnerisch angelegten Untersuchungsobjekte unter sechs Jahre alt waren (Durchschnitt etwa vier Jahre) und eine Flächengröße unter 80 m<sup>2</sup> (Variationsbreite zwischen 30 und 800 m<sup>2</sup>) aufwiesen.

In Anlehnung an die o.g. Daten von FRÜND (1996) und zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Dächer dieser Untersuchung nach folgenden Kriterien ausgewählt:

1. Es wurden nur Flachdächer (ausschließlich Gründächer im System *optima*) bis zu einer Neigung von 3° untersucht.
2. Die Dächer sollten möglichst exponiert liegen und auf keinen Fall eine Innenhof-Lage haben.
3. Die Gebäudehöhe durfte 3 m nicht unterschreiten.
4. Das Alter der Begrünung (gerechnet vom Zeitpunkt der Vegetationsaufbringung) sollte zur Zeit der Untersuchung mindestens zwei Jahre betragen, so daß der Neu-Biotop Gründach jeweils zwei Sommer und Winter ausgesetzt war. Ein höheres Mindest-Alter ist nicht sinnvoll, da Dachbegrünungen ja auch schon in den Anfangsjahren ökologische Ausgleichsfunktionen erfüllen sollen.
5. Die begrünten Dachflächen sollten mindestens 200 m<sup>2</sup> groß sein.
6. Die Zuteilung der untersuchten Dächer zu einer Vegetationsform (Kapitel 2.5.1) sollte eindeutig möglich sein.

Obwohl 11 Dächer nicht alle sechs Kriterien erfüllten (s. Tab. 3), sind sie aufgrund der guten Zuordnung in eine Vegetationsgruppe gewertet worden.

Tab. 3: Einteilung der untersuchten Dachbegrünungen in Alters- und Größenklassen

<b>Altersklassen</b>		Durchschnittsalter: 5,3 Jahre				
Alter in Jahren:	< 2	2, 3, 4	5, 6, 7	8, 9, 10	≥ 11	
Anzahl:	1	66	32	19	7	

<b>Flächengrößen</b>		Durchschnittsgröße: 726 m <sup>2</sup>			
Fläche in m <sup>2</sup> :	< 200	200-499	500-999	≥ 1000	
Anzahl:	10	50	42	23	

Tab. 4: Übersicht der untersuchten Praxisobjekte, eingeteilt nach Vegetationsformen

**Moos-Sedum (extensiv)**

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
<i>Ba</i>	Baar, Franzosenhausweg 1993	Linz, Österreich	2-Schicht	Mai-Sept. '95	Bf
<i>Ro</i>	Rondo, Bürogebäude 1991	Böblingen	1-Schicht	13.06.1996 05.05.1997	Pba Pba
<i>P+RS</i>	Park & Ride 1992	Stuttgart	2-Schicht	12.06.1996	Pba
<i>SSB1</i>	Stuttgarter Straßenbahnen 1991	Stuttgart	2-Schicht	12.06.1996	Pba
<i>Dresex</i>	Dresdner Bank 1993	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1996	Pba
<i>Genoex1</i>	GENO-Haus 1992	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1996	Pba
<i>Genoex2o</i>	GENO-Haus 1992	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1996	Pba
<i>Cola</i>	Coca-Cola Abfüllwerk 1992	Deizisau	1-Schicht	15.07.1996	Pba
<i>ColaVe</i>	Vertrieb Coca-Cola 1992	Deizisau	1-Schicht	15.07.1996	Pba
<i>P+B</i>	P+B Abele 1990	Böblingen	2-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>Ro2</i>	Rondo, Bürogebäude 1991	Böblingen	1-Schicht	05.05.1997	Pba
<i>Ro3</i>	Rondo, Bürogebäude 1991	Böblingen	1-Schicht	05.05.1997	Pba
<i>FHSig1</i>	Fachhochschule 1994	Sigmaringen	2-Schicht	31.05.1997	Pba
<i>FHSig2</i>	Fachhochschule 1994	Sigmaringen	2-Schicht	31.05.1997	Pba
<i>EVZ1</i>	EVZ-Gebäude 1995	Munderkingen	2-Schicht	04.06.1997	Pba
<i>EVZ2</i>	EVZ-Gebäude 1995	Munderkingen	2-Schicht	04.06.1997	Pba
<i>EVZ3</i>	EVZ-Gebäude 1995	Munderkingen	2-Schicht	04.06.1997	Pba
<i>Grab</i>	Fa. Grabstein-List 1995	Pfullingen	2-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>KiGaRT</i>	Kindergarten Schafstall 1995	Reutlingen	3-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>LMG1</i>	Lise-Meitner-Gymnasium 1995	Böblingen	2-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>SWE1</i>	Stadtwerke 1993	Ettlingen	2-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>SWE2</i>	Stadtwerke 1993	Ettlingen	2-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>SWE3</i>	Stadtwerke 1993	Ettlingen	2-Schicht	12.08.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

### Moos-Sedum (extensiv)

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
<i>SWE4</i>	Stadtwerke 1993	Ettlingen	2-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>SWLBexo</i>	Süd-West-Landesbank 1994	Stuttgart	2-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>SWLBex3</i>	Süd-West-Landesbank 1994	Stuttgart	1-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>GymDo</i>	Gymnasium 1993	Stuttgart-Degerl.	2-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>GHM</i>	Grund- u. Hauptschule 1995	Müllheim	1-Schicht	11.09.1997	Pba
<i>PHE</i>	Parkhaus 1992	Albstadt-Ebingen	1- u. 3-Schicht	21.09.1997	Pba

### Sedum-Gras-Kraut (extensiv)

<i>Mk</i>	Wohnhaus Märzenkeller 1992	Linz, Österreich	3-Schicht	April-Sept. '95	Bf
<i>KiGaT</i>	Kindergarten 1994	Tettngang	3-Schicht	07.06.1996	Pba
<i>SH Si</i>	Stadthalle 1989	Sindelfingen	2-Schicht	15.06.1996	Pba
<i>FABB</i>	Finanzamt 1993	Böblingen	2-Schicht	13.06.1996	Pba
<i>SSB2</i>	Stuttgarter Straßenbahnen 1991	Stuttgart	2-Schicht	12.06.1996	Pba
<i>Mör</i>	Mörike-Schule 1993	Leonberg	2-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>Rogg</i>	Möbel Rogg 1994	Balingen	2-Schicht	06.05.1997	Pba
<i>BCE7o</i>	Büro Center 1995	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>BCE7u</i>	Büro Center 1995	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>BCE8</i>	Büro Center 1995	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>BCE12</i>	Büro Center 1995	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>Sa</i>	Fa. Samen-Schoell 1992	Neckartailfingen	3-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>SZA1</i>	Schulzentrum 1993	Althengstett	1-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>STP1</i>	Stadttheater 1990	Pforzheim	3-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>STP2</i>	Stadttheater 1990	Pforzheim	3-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>FlugS</i>	Feuerwache Flughafen 1994	Stuttgart	3-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>GymDu</i>	Gymnasium 1995	Stuttgart-Degerl.	1-Schicht	13.08.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

### Sedum-Gras-Kraut (extensiv)

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
-----------	--------------------	-----	---------------	-------------------	-------------------

<i>UUM</i>	Mensa Universität 1991	Ulm	3-Schicht	19.09.1997	Pba
------------	---------------------------	-----	-----------	------------	-----

### Gras-Kraut (extensiv)

<i>GymLeom</i>	Kepler-Gymnasium 1989	Leonberg	3-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>GymLeoo</i>	Kepler-Gymnasium 1989	Leonberg	3-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>KSK BB</i>	Kreissparkasse 1990	Böblingen	3-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>EZS4</i>	Elektro-Zentrale 1993	Sigmaringen	3-Schicht	31.07.1996	Pba
<i>KiGaK</i>	Kindergarten 1993	Krauchenwies	2-Schicht	April-Aug. '97 28.04.1997	Bf Pba
<i>Sch</i>	Fa. Schiemann 1991	Pfullingen	3-Schicht	06.05.1997	Pba
<i>DVZ</i>	Druck- u. Verlagszentrum 1994	Erfurt	1-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>Möbel</i>	Möbelkiste (Fa. Fiedler) 1988	Pfullingen	3-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>PRH</i>	Peter-Rossegger-Halle 1989	Gärtringen	3-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>BZC</i>	Berufsschulzentrum 1991	Calw	1-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>Centra</i>	Centra Bürkle 1988	Schönaich	3-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>KHLeou</i>	Krankenhaus 1987	Leonberg	3-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>WagoexN</i>	Fa. Wandel & Goldermann 1987	Eningen	3-Schicht	11.08.1997	Pba
<i>SVWex</i>	Stadtverwaltung 1991	Wörth	3-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>Schw1</i>	Fa. Schweizer 1988	Dunningen	3-Schicht	11.09.1997	Pba
<i>Schw2</i>	Fa. Schweizer 1988	Dunningen	3-Schicht	11.09.1997	Pba
<i>Bak1</i>	Baar-Klinik 1988	Donaueschingen	3-Schicht	23.09.1997	Pba
<i>Bak2</i>	Baar-Klinik 1988	Donaueschingen	3-Schicht	23.09.1997	Pba
<i>Bak3</i>	Baar-Klinik 1988	Donaueschingen	3-Schicht	23.09.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

### Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden (extensiv mit Anhögelungen)

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
<i>KH</i>	Krankenhaus 1983	Sindelfingen	3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>Not</i>	Krankenhaus 14-Nothelfer 1993	Weingarten	3-Schicht	07.06.1996	Pba
<i>SSRT</i>	Wohngebiet Schafstall 1992	Reutlingen	3-Schicht	13.06.1996	Pba
<i>SSB3</i>	Stuttgarter Straßenbahnen 1991	Stuttgart	2-Schicht	12.06.1996	Pba
<i>GymP</i>	Gymnasium 1994	Pfullingen	3-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>EZS</i>	Elektro-Zentrale 1993	Sigmaringen	3-Schicht	27.6.96/28.4.97 April-Aug. '97	Pba Bf
<i>GRH</i>	Garage Harzmann 1980	Krauchenw.-Gög.	3-Schicht	31.05.1996 Mai-Sept. '96	Pba Bf
<i>Genoex2</i>	GENO-Haus 1992	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1996	Pba
<i>Leo</i>	Leonberger Bausparkasse 1993	Leonberg	1- u. 2-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>Kohl</i>	Fa. Kohlhammer 1992	Stuttgart-Vaih.	3-Schicht	16.07.1997	Pba
<i>EZS2</i>	Elektro-Zentrale 1993	Sigmaringen	3-Schicht	31.07.1996	Pba
<i>EZS3</i>	Elektro-Zentrale 1993	Sigmaringen	3-Schicht	31.7.96/28.4.97 April-Aug. '97	Pba Bf
<i>GemU</i>	Kath. Gemeindehaus 1995	Unterhausen	3-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>AWA</i>	Altenwohnanlage 1996	Nürtingen	3-Schicht	10.06.1997	Pba
<i>LMG2</i>	Lise-Meitner-Gymnasium 1994	Böblingen	2-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>KHLeo2</i>	Krankenhaus-Anbau 1990	Leonberg	1-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>LaraHN</i>	Landratsamt 1989	Heilbronn	3-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>KSKHN1</i>	Kreissparkasse 1990	Heilbronn	3-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>SWLBex2</i>	Süd-West-Landesbank 1994	Stuttgart	3-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>GenoRä</i>	GENO-Haus Rappelstr. 1994	Stuttgart	2- u.3-Schicht	13.08.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

### Wildstauden-Gehölze (extensiv-intensiv)

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
<i>KiGa</i>	Kindergarten 1987	Sindelfingen	1- u. 3-Schicht	April-Sept. '93 05.05.1997	Bf Pba
<i>Laraint</i>	Landratsamt 1993	Böblingen	1- u. 3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>Laraex</i>	Landratsamt 1988	Böblingen	3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>HPexin</i>	Fa. Hewlett-Packard 1990	Böblingen	3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>Ra</i>	Hotel Ramada 1993	Linz, Österreich	3-Schicht	April-Sept. '95	Bf
<i>RHSi</i>	Rathaus 1987	Sindelfingen	3-Schicht	13.06.1996	Pba
<i>PLK</i>	Paul-Lechner-Klinik 1990	Tübingen	3-Schicht	13.06.1996	Pba
<i>Presse</i>	Pressehaus 1994	Stuttgart-Möhr.	1 - u. 3-Schicht	12.06.1996 05.05.1997	Pba Pba
<i>Dresint</i>	Dresdner Bank 1993	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1996	Pba
<i>GymLeou</i>	Kepler-Gymnasium 1989	Leonberg	3-Schicht	16.07.1996	Pba
<i>PH2</i>	Parkhotel 1991	Pforzheim	3-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>MöWö</i>	Möbel Wössner 1989	Sulz	3-Schicht	10.09.1997	Pba
<i>Neo</i>	Fa. Neoperl 1993	Müllheim	3-Schicht	11.09.1997	Pba
<i>UVG</i>	Universität Verfügungsgeb. 1991	Ulm	3-Schicht	19.09.1997	Pba
<i>LZBSa2</i>	Landeszentral-Bank 1988	Saarlouis	3-Schicht	25.09.1997	Pba
<i>ENSÖ</i>	Versuchsanlage 1995	Krauchenw.-Gög.	1 - u. 3-Schicht	1995/96/97 23.08.1997	Bf Pba

### Hohe Stauden und Sträucher (intensiv)

<i>HPint</i>	Fa. Hewlett-Packard 1986	Böblingen	3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>HPing</i>	Fa. Hewlett-Packard 1984	Böblingen	3-Schicht	April-Sept. '93	Bf
<i>Musi</i>	Musikschule 1986	Sindelfingen	3-Schicht	April-Sept. '93 05.05.1997	Bf Pba
<i>Heu</i>	Wohnhaus Heusteigstr. 1987	Stuttgart	3-Schicht	Juli '95	Bf
<i>Wagoint</i>	Fa. Wandel & Goldermann 1987	Eningen	3-Schicht	11.06.1996	Pba
<i>SZH</i>	Schulungszentrum Harzm. 1985	Krauchenw.-Gög.	3-Schicht	31.05.1996 Mai-Sept. '96	Pba Bf
<i>Genoint</i>	GENO-Haus 1992	Stuttgart	3-Schicht	17.07.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

### Hohe Stauden und Strucher (intensiv)

Bezeichg.	Objekt und Baujahr	Ort	Schichtaufbau	Untersuchungszeit	Erfassungsmethode
<i>SKE</i>	Sparkasse 1995	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>HZN</i>	Hotel Zumnorden 1994	Erfurt	3-Schicht	02.06.1997	Pba
<i>Dach</i>	Dachgarten 1979	Sindelfingen	3-Schicht	11.06.1997	Pba
<i>PHI</i>	Parkhotel 1991	Pforzheim	3-Schicht	12.06.1997	Pba
<i>KP1</i>	Wohnhaus Kaiserpassage 1986	Reutlingen	3-Schicht	11.08.1997	Pba
<i>KP2</i>	Wohnhaus Kaiserpassage 1986	Reutlingen	3-Schicht	11.08.1997	Pba
<i>SVWint</i>	Stadtverwaltung 1991	Worth	3-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>KSKHN2</i>	Kreissparkasse 1990	Heilbronn	3-Schicht	12.08.1997	Pba
<i>SWLBS</i>	Sud-West-Landesbank 1994	Stuttgart	3-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>SWLBN</i>	Sud-West-Landesbank 1994	Stuttgart	3-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>Sparda</i>	Sparda-Bank 1994	Stuttgart	3-Schicht	13.08.1997	Pba
<i>Rust</i>	Europapark 1993	Rust	1-Schicht	10.09.1997	Pba
<i>Bru</i>	Dachgarten 1990	Malterdingen	3-Schicht	10.09.1997	Pba
<i>LZBSa1</i>	Landeszentralbank 1988	Saarlouis	3-Schicht	25.09.1997	Pba
<i>DRKSa1</i>	Deutsches Rotes Kreuz 1984	Saarlouis	3-Schicht	25.09.1997	Pba
<i>DRKSa2</i>	Deutsches Rotes Kreuz 1984	Saarlouis	3-Schicht	25.09.1997	Pba

Pba=Punkt-Bestandsaufnahme, Bf=Barberfallen (siehe Kap. 2.5.2)

## 2.5 Floristische und faunistische Bestandsaufnahmen sowie Methodenkritik

### 2.5.1 Einteilung der Untersuchungsobjekte nach Vegetationsformen

Parallel zu den faunistischen Datenerhebungen wurde auch eine Vegetationsaufnahme durchgeführt. Dabei wurden die bestandsbildenden Arten mit Deckungsgrad notiert und die sonst noch auftretenden häufigeren Pflanzen in Artenlisten erfasst. Diese Daten bildeten die Grundlage für die Einteilung in die verschiedenen Vegetationsformen.

Weiterhin wurden besondere Strukturelemente wie Sträucher, Steine, Wasserflächen und Nisthilfen in deren Anzahl und Größe festgehalten und die maximale Rückzugstiefe (Substrattiefe bis zum Filter- bzw. Schutzvlies) mit einem Meterstab ermittelt. Die genaue Ermittlung der Strukturdiversität spielt in dieser Untersuchung nur eine untergeordnete Rolle (vgl. MÜLLER 1988).

Zur späteren Bewertung und Gegenüberstellung wurden die untersuchten Dachbegrünungen in sechs Vegetationsformen eingeteilt (Abb. 11). Durch diese Gruppierung konnten die Begrünungsarten extensiv, intensiv und extensiv/intensiv genauer gekennzeichnet und differenziert werden. Der Vergleich der untersuchten Dächer ist auf der Ebene der Vegetationsformen einfacher nachzuvollziehen und praxisgerechter (zur Bewertung von Dachbegrünungen siehe Kapitel 7) als z.B. die Gegenüberstellung von Maximalen Wasserkapazitäten der Substrate. Der unmittelbaren Abhängigkeit Tier/Pflanze wird damit besser Rechnung getragen. Eine Vergleichbarkeit mit den Untersuchungen anderer Autoren ist erst auf diesem Niveau möglich. So waren durch die Vegetationsformen, die fast alle den praxisüblichen Bezeichnungen der FLL (1996) entsprechen, u.a. auch Rückschlüsse auf die Höhe des Schichtaufbaus möglich. Tab. 5 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Höhe des Schichtaufbaus, Vegetationsform und Begrünungsart. Bei verschiedenen ökologischen Untersuchungen konnte der Zusammenhang zwischen Substrathöhe und Vegetationsentwicklung belegt werden (BONN 1996, KÖHLER & BAIER 1989).

Tab. 5: Zusammenhang zwischen durchwurzelbarem Raum, Vegetationsform und Begrünungsart (leicht verändert nach FLL 1996)

Höhe Schichtaufbau (durchwurzelbarer Raum)	Vegetationsform	Begrünungsart
4-8 cm	Moos-Sedum	extensiv
10-15 cm	Sedum-Gras-Kraut	extensiv
12-30 cm	Gras-Kraut	extensiv (oder extensiv/intensiv)
10-15 cm + 15-35 cm	Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden	extensiv mit Anhängelungen
12-45 cm	Wildstauden-Gehölze	extensiv/intensiv
35-60 cm	Hohe Stauden und Sträucher	intensiv

Die sechs Vegetationsformen werden nachfolgend allgemein charakterisiert und an einem typischen Beispiel dargestellt. Die abgekürzten Dachbezeichnungen wurden in Tab. 4 erläutert.

**I. Moos-Sedum-Begrünung** (Abb. 5): Bei dieser Vegetationsform können fast nur Moos- und *Sedum*-Arten (80-100 %) und vereinzelt Gräser und Kräuter gefunden werden. Es liegen meist sehr dünn-schichtige Extensivbegrünungen im Ein- bzw. Zwei-Schicht-Aufbau (Schichthöhe von 6-8 cm) vor, die sehr große Anforderungen hinsichtlich Trockenheitsresistenz und Regenerationsvermögen an die Pflanzenwelt stellen. Die Hauptblühphase der Vegetation ist in den Monaten Juni/Juli. Die Strukturvielfalt durch die Pflanzen ist gering. Die Vegetationsaufbringung erfolgt fast ausschließlich durch Saatgut und *Sedum*-Sprossen.

Ein typisches Beispiel war das Objekt *Ba* in Linz, Österreich, (MANN 1996a): Moose und *Sedum* (mit den Arten *sexangulare*, *reflexum*, *hispanicum*, *album*, *floriferum*, *aizoon*) nahmen einen projektiven Deckungsgrad von 75 % (bei einem Gesamtdeckungsgrad von 80 %) ein. Die fehlenden 5 % stellten *Allium schoenoprasum*, *Achillea millefolium*, *Hieracium pilosella* und weitere nur als Einzelexemplare auftretende Kräuter.

**II. Sedum-Gras-Kraut-Begrünung** (Abb. 6): Bedingt durch einen höheren Schichtaufbau, ein Substrat mit höherer Wasserkapazität oder eine bessere Gebäudelage können sich neben verschiedenen *Sedum*- (etwa 50-70 %) auch einige Gräser- und Kräuter-Arten längerfristig halten. Dadurch verlängert sich der Blühaspekt und erhöht sich die Strukturierung der Dachbegrünung. Die Pflanzen werden meist per Saat und *Sedum*-Sprossen ausgebracht. Das Objekt *Mk* zeigte beispielhaft wie sich diese Vegetationsform auf dem Dach darstellt (MANN 1996a): Die Vegetation bestand aus *Sedum* (*sexangulare*, *reflexum*, *album*), Gräsern (*Poa compressa*) und Kräutern (*Petrorhagia saxifraga*, *Dianthus carthusianorum*, *Anthemis tinctoria*, *Allium schoenoprasum*) zu ungefähr gleichen Deckungsgraden von 30 % und einem Moos-Anteil von etwa 10 %.

**III. Gras-Kraut-Begrünung** (Abb. 7): Diese Vegetationsform kann genauso wie die Vegetationsformen IV und V zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung stehen und ist in manchen Fällen als Einfache Intensivbegrünung zu bezeichnen. Im Normalfall sind es jedoch Extensivbegrünungen, deren Vegetation zum Großteil (etwa 70-100 %) aus verschiedenen Gräser-Arten besteht und durch Kräuter und *Sedum* ergänzt wird. Solche Dächer werden meist durch Saatgut oder durch Pflanzungen begrünt. Standortbedingt können einerseits artenreiche „Blumenwiesen“ mit unterschiedlich hohen Pflanzenbeständen und einem langandauernden Blühaspekt, andererseits „Grasdächer“ mit einem dichten, verwachsenen Grasfilz entstehen. Höher-schichtige Extensivbegrünungen (12-15 cm), vor allem nach einigen Jahren der unbeeinflussten Sukzession, waren typische Fälle, wie z.B. das Dach *GymLeom*. Hier machte der Grasanteil (hauptsächlich *Calamagrostis spec.*) etwa 75 % der Gesamtdeckung aus. *Vicia cracca* (10 %), *Trifolium dubium* (5 %), *Dianthus carthusianorum* (5 %) und einzelne Kräuter (insgesamt 5 % mit *Dianthus deltoides*, *Prunella grandiflora*, *Thymus serpyllum*, *Petrorhagia saxifraga*, *Sedum*) waren die weiteren bestandsbildenden Arten.

**IV. Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden-Begrünung** (Abb. 8): Diese Vegetationsform befindet sich sehr nahe an der Extensiv-Intensiv-Begrünung und verläßt den Bereich der einfachen extensiven Dachbegrünung. Die Dächer sind dadurch charakterisiert, daß Pflanzen wie *Sedum* und Kräuter dominieren, jedoch mit Gehölzen und/oder Stauden in partiellen Anhögelungsbereichen ergänzt werden. Im Normalfall wird die eigentliche Extensivbegrünung mit vereinzelt Substraterhöhungen erweitert. So bestand das Dach *KH* (MANN 1994) bei einer Gesamtflächengröße von 400 m<sup>2</sup> zu 95 % aus einer Moos-*Sedum*-Kraut-Begrünung, die durch drei Anhögelungen mit *Kolkwitzia amabilis*, *Juniperus communis* und *Potentilla fruticosa* aufgewertet wurde. Teilweise wurden diese Anhögelungen als Gestaltungselemente in schlangenlinienartigen Bändern angelegt und mit Stauden (z.B. *Lavandula angustifolia*, *Calamagrostis spec.*) bepflanzt (*GenöRä*, *Leo*).

**V. Wildstauden-Gehölze-Begrünung** (Abb. 9): Diese Form stellt den Fall einer Extensiv-Intensiv-Begrünung dar. Die meist sehr vielfältige Vegetation setzt sich aus *Sedum*-, Gräser- und Kräuter-Arten (50-80 %) in Kombination mit Stauden und Gehölzen zusammen. Im Gegensatz zur Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden-Begrünung sind extensive und intensive Bereiche oft nahezu gleichstark ausgeprägt, die Übergänge markanter und größere Anhögelungs- bzw. bewässerte Bereiche vorhanden. Diese Vegetationsform ist durch die verschiedenen Pflanzengruppen stark strukturiert, bietet damit eine Vielzahl unterschiedlichster Habitats und hat eine lange Blühperiode. Bei der Untersuchung des Objektes *Presse* in Stuttgart konnten mehrere „Vegetationsgruppen“ unterschieden werden (MANN 1997): Etwa 70 % der Gesamtfläche war u.a. mit *Sedum*, *Achillea tomentosa*, *Petrorhagia saxifraga*, *Thymus*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Dianthus carthusianorum*, *Papaver nudicaule* und *Allium schoenoprasum* begrünt; die restlichen angehögelten und bewässerten Bereiche bestanden u.a. aus *Genista*, *Lavandula angustifolia*, *Salix wehrhahnii*, *Jasminum nudiflorum*, *Buddleja alternifolia*, *Tamarix parviflora*, *Juniperus communis*.

**VI. Hohe Stauden und Sträucher-Begrünung** (Abb. 10): Hier beherrschen Gehölze in Form von Sträuchern und Kleinbäumen bei einem Deckungsgrad von 50-90 % das Bild. Ergänzend dazu sind mehrjährige Stauden zu finden. Die Vegetation wird in der Regel gepflanzt und findet sich nur auf Intensivbegrünungen mit Bewässerung. Die Artenvielfalt und der Blühaspekt sind oftmals geringer als bei den Vegetationsformen IV und V. Jedoch werden durch die vorhandenen Gehölze die ansonsten blütenarmen Monate April, August und September abgedeckt. Das Objekt *HPint* bestand zu 70 % aus Gehölzen, u.a. mit den Arten *Cotoneaster dielsianus*, *Potentilla fruticosa*, *Rosa pimpinellifolia*, *Amelanchier laevis*, *Buddleja alternifolia* und *Pinus sylvestris*. Bei den Stauden dominierten die Arten *Achnatherum calamagrostis*, *Euphorbia epithymoides*, *Geranium sanguineum*, *Linum flavum* und *Miscanthus sinensis* (MANN 1994).

Tab. 6: Anzahl, durchschnittliches Alter und Größe der untersuchten Vegetationsformen

Vegetationsform	Anzahl	Durchschn. Alter (Min.-Max.)	Durchschn. Größe (Min.-Max.)
Moos-Sedum	29	3,6 Jahre (2-6)	1052 m <sup>2</sup> (150-8000)
Sedum-Gras-Kraut	18	3,5 Jahre (2-7)	972 m <sup>2</sup> (150-5000)
Gras-Kraut	19	7,3 Jahre (3-10)	641 m <sup>2</sup> (70-1500)
Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden	20	4,8 Jahre (1-16)	596 m <sup>2</sup> (75-2000)
Wildstauden-Gehölze	16	5,1 Jahre (2-9)	733 m <sup>2</sup> (200-3900)
Hohe Stauden u. Sträucher	23	7,6 Jahre (2-18)	301 m <sup>2</sup> (25-750)
<i>Summe aller ausgewerteten Dächer:</i>	<i>125</i>	<i>5,3 Jahre</i>	<i>726 m<sup>2</sup></i>



Abb. 5: Beispiel einer Moos-Sedum-Begrünung (Objekt *Ba*)



Abb. 6: Beispiel einer Sedum-Gras-Kraut-Begrünung (Objekt *MK*)

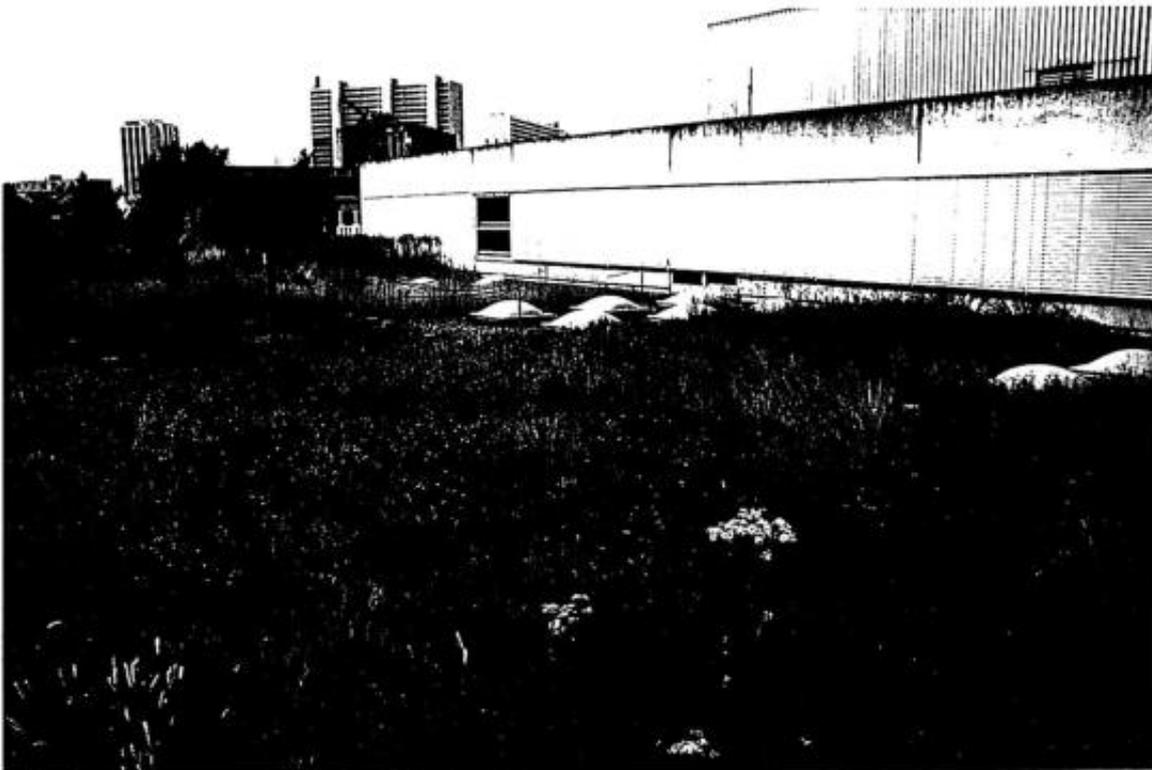


Abb. 7: Beispiel einer Gras-Kraut-Begrünung (Objekt *GymLeom*)



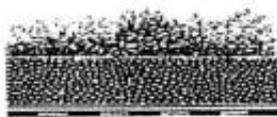
Abb. 8: Beispiel einer Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden-Begrünung (Objekt *KH*)



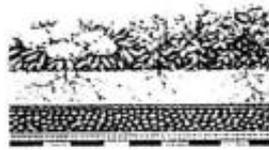
Abb. 9: Beispiel einer Wildstauden-Gehölze-Begrünung (Objekt *Presse*)



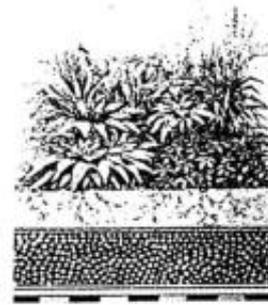
Abb. 10: Beispiel einer Hohe Stauden und Sträucher-Begrünung (Objekt *HPint*)



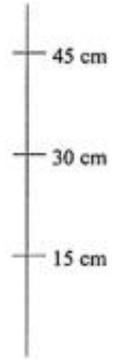
Moos-Sedum



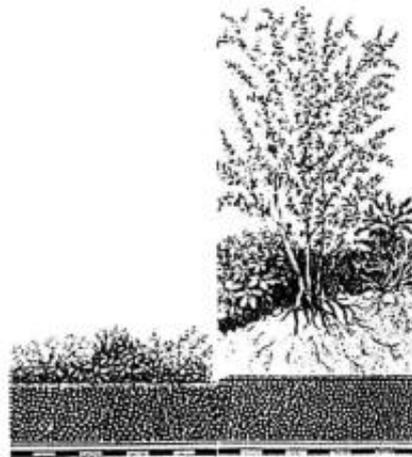
Sedum-Gras-Kraut



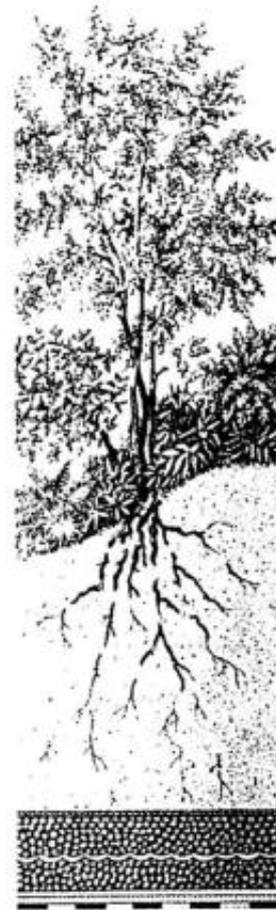
Gras-Kraut



Wildstauden-Gehölze



Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden



Hohe Stauden und Sträucher

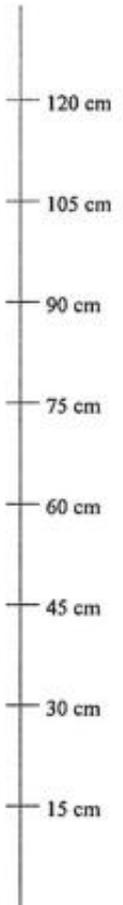


Abb. 11: Schematische Darstellung aller Vegetationsformen

## 2.5.2 Faunistische Bestandsaufnahme

In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei verschiedene Erfassungsmethoden angewendet.

### 2.5.2.1 Barberfallen

Zur Erfassung der epigäischen Fauna wurden bei insgesamt 18 Dachbegrünungen (bei der Versuchsanlage *ENSÓ* vor allem zu Beginn des Untersuchungszeitraumes) Barberfallen (BARBER 1931) eingesetzt. Damit konnten mit einer gängigen, standardisierten Fangmethode über einen längeren Zeitraum grundlegende Daten erfaßt und mit den Ergebnissen anderer Autoren verglichen werden.

Die von BARBER (1931) beschriebene Bodenfallen-Fangmethode beruht darauf, Tiere, die beispielsweise bei der Nahrungs- oder Partnersuche umherwandern, zufällig zu fangen. Aufgrund der Tatsache, daß mit Bodenfallen nur agile Tiere erfaßt werden können, wird nicht die absolute Besiedlungsdichte (statische Flächendichte bzw. Abundanz), sondern die Aktivitätsdichte (dynamische Flächendichte) registriert (HEYDEMANN in BALOGH 1958). Zwar sind bei einigen Autoren Korrelationen zwischen Aktivitätsdichte und Abundanz nachgewiesen worden (UETZ & UNZICKER 1976, BAARS 1979), jedoch gilt dies nur bei Tierpopulationen mit geringer Besiedlungsdichte (DUNGER & FIEDLER 1989). Die Ergebnisse aus Bodenfallen entsprechen hinsichtlich der Geschlechterverhältnisse und Jugendstadien nicht den quantitativ ermittelten Werten (DUNGER & FIEDLER 1989).

Da die Substrathöhen auf den begrünten Dächern teilweise nur 5 cm betragen, konnten nur flache Gläser zur Anwendung kommen. Es wurden Fanggläser mit einer Höhe von 5 cm und einem Öffnungsdurchmesser von 7,5 cm ebenerdig in das Substrat eingegraben und zur Hälfte mit 50%-igem Ethylenglykol befüllt. Zur Herabsetzung der Oberflächenspannung wurden ein paar Tropfen Spülmittel zugesetzt. Die verwendete Fang- und Tötungsflüssigkeit bot den Vorteil, selbst bei warmem Wetter kaum zu verdunsten und die gefangenen Tiere nicht erhärten zu lassen, wie das beispielsweise bei Formalin der Fall gewesen wäre. Wie verschiedene Arbeiten zeigten, ist für keine Fangflüssigkeit ein Attrahierungseffekt auszuschließen (ADIS & KRAMER 1975, ADIS 1974), d.h. auch bei Ethylenglykol besteht die Möglichkeit der Anlockung. Die Dominanzverhältnisse bleiben nach MÜHLENBERG (1989) jedoch nahezu unverändert, auch wenn mit Ethylenglykol weniger Tiere als mit Formalin erfaßt werden.

Als Regenschutz der Bodenfallen dienen 20x15 cm große Glasscheiben, die von vier Holzfüßen etwa 10 cm über den Fallen gehalten wurden. Auf den untersuchten Praxisobjekten wurden in der Regel vier Bodenfallen so aufgestellt, daß möglichst verschiedene Biotopstrukturen erfaßt wurden. Ausnahmen waren die zwei sehr kleinen Dächer *SZH* und *GRH*, bei denen die Gefahr des „Leerfangens“ bestand und deshalb nur zwei Barberfallen installiert wurden (vgl. MÜLLER 1988). Durch die Ausbringung mehrerer Fallen an verschiedenen Standorten lassen sich verlässliche Daten zum Arteninventar ermitteln (UETZ & UNZICKER 1976). Die genaue Lage und Anordnung der Barberfallen richtete sich nach der kleinsten Untersuchungsfläche (*HPint*, MANN 1994). Die Fallenanordnung bzw. die Flächengröße dieses Daches wurde annäherungsweise auf die anderen Untersuchungsflächen übertragen, um die Vergleichbarkeit zwischen den Dächern zu erhöhen. Der Abstand der Fallen betrug zwischen vier und acht Meter. Der Wirkungsradius einer Bodenfalle beträgt nach SKUHRAVY (1957) durchschnittlich vier Meter. WESTERBERG (1977) geht sogar davon aus, daß eine Mindestdistanz von einem Meter zwischen den Fallen ausreicht, damit der potentielle Fang der Nachbarfalle nicht beeinträchtigt wird. MÜHLENBERG (1989) empfiehlt dagegen, einen Abstand von mindestens zwei Metern einzuhalten. DUNGER & FIEDLER (1989) gehen bei Spinnen und kleinen Käfern von Fangradien von ungefähr einem Meter aus und stellten bei einer linienförmigen

Anordnung der Barberfallen im Abstand von 0,5 bis vier Metern keinen Unterschied bei den Fangergebnissen fest.

Die Fangzeiträume erstreckten sich von April/Mai bis August/September über etwa fünf Monate (Tab. 7). Dabei wurden die Fallen etwa alle zwei Wochen entleert und die Fangflüssigkeit erneuert.

Bei der Versuchsanlage *ENSÖ* konnten wegen der geringen Größe der Probestellen und des jungen Alters nur zwei Barberfallen pro untersuchter Fläche eingesetzt werden, die auch nur in bestimmten Fangperioden (Tab. 8) geöffnet waren. Damit sollte ebenfalls ein Leerfangen verhindert und der vorhandenen Tierwelt die Möglichkeit gegeben werden, sich weiter zu vermehren.

Tab. 7: Die Fangzeiträume der Bodenfallen auf den Praxisobjekten (nähere Beschreibung der mit Abkürzungen benannten Dächer in Tab.4.)

Fangzeitraum: 06. April bis 21. September 1993; 168 Tage			
Anzahl der Barberfallen: 4			
Dächer:	<i>KH</i>	<i>HPint</i>	<i>HPing</i>
	<i>KiGa</i>	<i>Laraex</i>	<i>Laraint</i>
	<i>HPexin</i>	<i>Musi</i>	
Fangzeitraum: 19. April bis 19. September 1995; 163 Tage			
Anzahl der Barberfallen: 4			
Dächer:	<i>Ba</i>		
	<i>MK</i>		
	<i>Ra</i>		
Fangzeitraum: 29. Juni bis 28. Juli 1995; 29 Tage			
Anzahl der Barberfallen: 4			
Dach:	<i>Heu</i>		
Fangzeitraum: 31. Mai bis 09. September 1996; 101 Tage			
Anzahl der Barberfallen: 2			
Dächer:	<i>GRH</i>		
	<i>SZH</i>		
Fangzeitraum: 28. April bis 08. August 1997; 102 Tage			
Anzahl der Barberfallen: 4			
Dächer:	<i>KiGaK</i>		
	<i>EZS</i>		
	<i>EZS3</i>		

Tab. 8: Fangperioden der Bodenfallen auf der Versuchsanlage *ENSÖ* (nähere Beschreibung in Kapitel 2.4.2)

Fangperiode Nr.	Zeitraum	Alter der Flächen
I.	08.09.-22.09.95	4 Monate
II.	26.06.-03.07.96	13 Monate
III.	26.08.-07.09.96	15 Monate
IV.	14.08.-21.08. und 21.08.-27.08.97	26 Monate

Die gefangenen Tiere wurden ausgezählt und in folgende Tiergruppen eingeteilt, wobei Milben, Springschwänze und Blattläuse unberücksichtigt blieben: Aranea, Coleoptera, Formicoida, Myriapoda (= Tausendfüßer, d.h. Diplopoda=Doppelfüßer und Chilopoda=Hundertfüßer zusammengefaßt), Isopoda, Oligochaeta, Gastropoda (Nackt- und Gehäuseschnecken zusammengefaßt), Saltatoria, Auchenorryncha, Heteroptera, Dermaptera und die Gruppen „Fluginsekten“ (z.B. Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera) und „Larven“ (z.B. Diptera, Lepidoptera).

Die ermittelten Aktivitätsdichten können aufgrund der unterschiedlichen Dächer, Flächengrößen, Alter usw. nicht unbedingt direkt miteinander verglichen werden (DUNGER & FIEDLER 1989). Um dennoch eine Vergleichbarkeit zwischen der vorliegenden Arbeit und den von anderen Autoren untersuchten Dächern zu ermöglichen, wurden die Aktivitätsdichten der angeführten Tiergruppen in sogenannte „Gruppendominanzen“ umgerechnet (BICK 1993, MÜLLER 1988). Durch die Umrechnung der absoluten Fangzahlen in relative Häufigkeiten wird den nicht auszuschließenden methodischen Differenzen (unterschiedliche Flächengrößen bzw. Fallenzahl) Rechnung getragen. Die Einteilung in Dominanzklassen erfolgte nach ENGELMANN (1978). Nach BICK (1993) können unter „Gruppen“ Artengruppen, systematische Gruppen und Gruppen gleichen Ernährungstyps zusammengefaßt werden. Verschiedene Autoren haben die Aktivitätsdichten auf Individuenzahlen pro „Fläche“ (ZIMMERMANN 1987) oder „pro Falle x 100 Tage“ (ACHTEL 1991) umgerechnet. Auch BONN (1996) „standardisierte“ die absoluten Zahlen über Fallenzahl und Fangzeit. Diese „Datenstandardisierungen“ bergen allerdings die Gefahr, die methodisch unterschiedlichen Voraussetzungen (Fallenzahl, Flächengröße, usw.) in fiktive Daten zu übernehmen.

Weitere Angaben zu Vor- und Nachteilen von Bodenfallen und Fangflüssigkeiten sowie deren Auswertbarkeit sind in den Arbeiten von BRAUNE (1974), HEYDEMANN (1956a), SKUHRAVY (1970), MÜLLER (1984) und TRETZEL (1955) zu finden.

Besonderer Wert wurde auf die bodenlebenden und -umsetzenden Tiergruppen Diplopoda, Isopoda, Lumbricidae und Gastropoda (Nackt- und Gehäuseschnecken) gelegt. Diese relativ leicht erfassbaren Tiergruppen eignen sich besonders gut als Indikatoren für die dauerhafte Besiedlung des Lebensraumes „Dach“ (FRÜND 1996). SPELDA & RAHMANN (1995) sahen Tausendfüßer als wichtige Indikatoren für die Wiederbesiedlung und Vernetzung von Sekundärbiotopen. Alle Gruppen zeichnen sich durch ihre geringe Mobilität und die damit sehr eingeschränkten Fähigkeiten aus, tödlichen Umgebungsbedingungen aus dem Weg zu gehen und Biotope kurzfristig wieder zu besiedeln. Desweiteren sind Lumbriciden und Gastropoden überwiegend trockenheits- und kälteempfindlich, Isopoden und Diplopoden auf abgestorbenes, organisches Material als Nahrungsgrundlage angewiesen. Die fünf aufgeführ-

ten Tiergruppen können auf lange Sicht nur überleben und Populationen ausbilden, wenn entsprechende Lebensraumbedingungen gegeben sind. Deshalb wurde das qualitative Vorkommen der angeführten Tiergruppen besonders berücksichtigt und die erfaßten Exemplare soweit möglich bis zur Art bestimmt. Quantitative Vergleiche der Individuen und Arten konnten nicht vorgenommen werden, da einerseits nicht alle Arten bestimmt wurden und andererseits die Barberfallenfänge nicht immer unter vergleichbaren Bedingungen (Jahr, Fallenzahl, usw.) abliefen.

### 2.5.2.2 Punkt-Bestandsaufnahmen (Handaufsammlung)

Um die Bodentiere von möglichst vielen begrünten Dächern vergleichen zu können, wurde eine weitere Methode gewählt: die Auflese bzw. Sammlung per Hand. Diese Fangmethode ist im Gegensatz zur Barberfallenmethode zeitaufwendiger. Nach DUNGER & FIEDLER (1989) steht die Handaufsammlung bei allen Geländearbeiten im Vordergrund und ist oftmals auch die informativste Methode. In der Regel stellt die Handaufsammlung (DUNGER & FIEDLER 1989) oder Quadratsammelmethode (MÜHLENBERG 1989) eine flächengebundene, quantitative Erfassungsmethode dar. Im Rahmen dieser Untersuchung sollten jedoch nur qualitative Daten ohne direkten Bezug zu einem definierten Areal gesammelt werden. Wegen des Stichprobencharakters wird die Handaufsammlungs-Methode in dieser Arbeit als „Punkt-Bestandsaufnahme“ bezeichnet. Die Untersuchungsobjekte (Praxisobjekte und Versuchsanlage *ENSÖ*) wurden dazu, je nach Strukturvielfalt, etwa ein bis drei Stunden begangen und stichprobenhaft nach bodenbewohnenden Makroorganismen (Lumbricidae, Isopoda, Gastropoda, Diplopoda) an verschiedenen Stellen abgesucht. Dabei wurden einerseits potentielle Habitate (z.B. unter Sträuchern, unter Fall-Laub, im Substrat), andererseits auch für die oben genannten Tiergruppen untypische Bereiche untersucht, Belegexemplare entnommen und deren Fundort notiert. Die erfaßten Tiere wurden soweit möglich bis zur Art bestimmt. Die Nachbestimmung übernahmen Frau Dipl. Biol. Susanne Zhuber-Okrog, Herr Dipl. Biol. Hendrik Turni (Gastropoda), Herr Dipl. Biol. Jörg Spelda (Diplopoda, Isopoda) und Herr Dipl. Biol. Jochen Blank (Lumbricidae).

Die Punkt-Bestandsaufnahmen wurden in den Monaten April bis September bei trockener Witterung durchgeführt. Nach DUNGER & FIEDLER (1989) ist die Handaufsammlungsmethode stark von der Sorgfalt und Arbeitsweise des Bearbeiters und vom Untersuchungszeitpunkt (Jahreszeit, Klima) abhängig. Deshalb wurden exemplarisch einige Dachbegrünungen mit beiden angeführten Erfassungsmethoden, d.h. Punkt-Bestandsaufnahmen und Barberfallen, untersucht. Für ausgewählte Dächer wurde wiederum die Phänologie (zeitliches Auftreten) der angeführten Boden-Tiergruppen aus den Barberfallen-Fängen erstellt.

Auch die unmittelbare Umgebung der Versuchsanlage *ENSÖ* und der Standort des Pflanzenlieferanten „Egenolf“ (Gärtnerei Hofstetter Mühle) im bodenseenahen Heiligenberg wurden stichprobenhaft mit Barberfallen und Punktbestandsaufnahmen nach Bodentieren untersucht. Diese Ergebnisse sollen Rückschlüsse auf die Besiedlung der Versuchsanlage *ENSÖ* ermöglichen.

## 2.6 Klimadaten und eigene Temperaturmessungen

Die monatlichen Niederschlags- und Temperaturverläufe sind für alle Städte, soweit verfügbar, im Anhang aufgeführt.

Um abschätzen zu können, ob und wie tief die Substrate der untersuchten Dächer im Winter gefrieren und wie stark sie im Sommer erwärmt werden, wurden auf der Versuchsanlage *ENSÖ* Temperaturmessungen durchgeführt. Pro Versuchsfläche wurden entweder Min.-Max.-Thermometer in das Substrat bis zur maximal möglichen Tiefe (je nach Schichtaufbau bis zum Filtervlies oder bis zur Schutzlage) eingelassen oder elektronische Meßfühler direkt auf die Dachabdichtung (d.h. unter dem Gründachaufbau) plaziert. Die Min.-Max.-Thermometer wurden stichprobenartig in der kalten und in der heißen Jahreszeit abgelesen. In Tab. 9 sind die Extremwerte für einen sehr kalten und einen sehr heißen Tag dargestellt. Mit dieser Methode konnten zwar keine Temperaturkurven erstellt, jedoch wichtige Anhaltspunkte über die Temperaturverhältnisse im Substrat gewonnen werden. Im Gegensatz dazu konnten die mittels EDV erfaßten Werte der elektronischen Meßfühler kontinuierlich Tages- und Monats-Temperaturverläufe unter dem Gründachaufbau aufzeichnen und somit umfangreichere Daten liefern (Tab. 10).

Tab. 9: Übersicht der Meßwerte der Min.-Max.-Thermometer auf der Versuchsanlage *ENSÖ* an einem Sommer- und Winter-Tag

<b>Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> Teilflächen</b>	<b>Sommer-Tag Max. Temperaturen 31.07.1995*</b>	<b>Winter-Tag Min. Temperaturen 10.01.1997</b>
Temperaturen auf der Substratoberfläche:	n.b.	-6,1° C
<i>ENSÖ 2</i>	42,6 °C	0,5 °C
<i>ENSÖ 3</i>	35,5 °C	1,0 °C
<i>ENSÖ 4</i>	45,7 °C	3,0 °C
<i>ENSÖ 5</i>	48,9 °C	-3,5 °C
<i>ENSÖ 6</i>	42,8 °C	-1,6 °C
<i>ENSÖ 7</i>	42,1 °C	-5,0 °C

\* Deckungsgrad drei Monate nach der Bepflanzung noch gering;  
n.b. = nicht bestimmt

Tab. 10: Höchst- und Tiefsttemperaturen im Zeitraum 30.09.95 bis 28.11.96 auf der Versuchsanlage *ENSÖ* (soweit ermittelt) unter dem Schichtaufbau. Datenerfassung per Elektronikmeßfühler und EDV

Flächen	Minimaltemperatur	Maximaltemperatur
<i>ENSÖ 2</i>	-1,9	24,7
<i>ENSÖ 3</i>	-0,4	23,5
<i>ENSÖ 6</i>	-11,9	29,4
<i>ENSÖ 7</i>	-15,1	36,8
<i>ENSÖ 22</i>	-20,0	49,5
<i>ENSÖ 23</i>	-20,0	42,9

## 2.7 Statistische Methoden

Zur Bewertung der ermittelten Daten wurden beschreibende statistische Methoden eingesetzt. Zur Untersuchung der relativen Ähnlichkeiten der Praxisobjekte und der Versuchsfelder der Versuchsanlage *ENSÖ* wurde das Clusteranalyseverfahren angewandt. Dabei werden Gruppen nach ihrer Ähnlichkeit in hierarchischer Weise in einem Dendrogramm angeordnet. Die kleinste Distanz zueinander bedeutet die größte Ähnlichkeit (MÜHLENBERG 1989, LAMPRECHT 1992). Die Clusteranalyse kann keine Anhaltspunkte geben, ob solche Gruppen „gesichert“ verschieden sind. Der Clusteralgorithmus wurde nach SNEATH & SOKAL (1973) in SAHN (Sequential, Agglomerative, Hierarchical and Nested clustering methods) mit dem Computerprogramm NTSYS-pc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) ermittelt. Als Distanzmaß wurde der Manhattan-Koeffizient gewählt.

Um den Zusammenhang zwischen Vegetationsform und dem Vorkommen von Bodentiergruppen statistisch zu beschreiben, wurde die Regressionsanalyse angewandt. Sie gibt die lineare Beziehung zwischen einer abhängigen und einer unabhängigen Variablen wieder, d.h. sie beschreibt wie die Werte einer bestimmten Variablen von einer anderen Größe beeinflusst werden. Die ermittelte Gerade, die die gesuchte Abhängigkeit zum Ausdruck bringt, wird „Regressionsgerade“ genannt. Es wird diejenige Gerade ausgewählt, bei welcher die Summe aller Abweichungsquadrate den kleinstmöglichen Wert hat. Der Korrelations-Koeffizient  $r$  ist das Maß für die Stärke des Zusammenhangs zwischen den untersuchten Variablen. Bei  $r = 0$  besteht keine Korrelation, bei  $0,7 < r < 0,9$  liegt eine hohe Korrelation vor (LAMPRECHT 1992, MÜHLENBERG 1989, LORENZ 1988, ZÖFEL 1992).

### 3. Charaktermerkmale für den Lebensraum „Dach“

Der anthropogene Standort „Dach“ wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst, die bei ungestörten und un bebauten Biotopen in der freien Natur in dieser Form nicht auftreten. Um die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit erläutern und bewerten zu können, ist eine allgemeine Kennzeichnung des Biotops „Gründach“ erforderlich.

Folgende Bedingungen charakterisieren den Lebensraum für Pflanzen und Tiere auf Gründächern (vgl. auch MANN 1996b):

1. Stadtklima
2. Exponierte Lage und fehlender Bodenanschluß
3. Alter und Größe der begrünten Dächer
4. Isolierte Lage (Inselbiotop)

#### Stadtklima

Je näher Dachbegrünungen in Richtung Stadtzentrum angelegt sind, desto stärker werden diese durch das Stadtklima beeinflusst. Das durch verschiedene typische Faktoren (Versiegelungsgrad, Bebauungsdichte, Baustruktur) hervorgerufene Klima in größeren Städten kann wegen seiner Eigenheiten tatsächlich mit dem Begriff „Stadtklima“ belegt werden (KRATZER 1956). Im Vergleich zum un bebauten Umland sind die Veränderungen im Wärmehaushalt und in der Strahlungsbilanz entscheidend (KUTTLER 1987). Die wesentlichen Unterschiede lassen sich wie folgt darstellen (KLAUSNITZER 1993, KUTTLER in SUKOPP & WITTIG 1993):

- Die Temperatur (jährliches Mittel) ist um 0,5 bis 1,5°C erhöht.
- Die Relative Luftfeuchtigkeit (im Sommer) ist um 8-10 % geringer.
- Der Gesamtjahresniederschlag ist um 3-20 % erhöht.
- Die Verdunstung ist um 30-60 % geringer.
- Die Sonnenscheindauer ist um 5-15 % geringer.
- Die Vegetationsperiode ist um 8-10 Tage verlängert.
- Es gibt weniger Frosttage.
- Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist um ca. 25 % geringer.

Die Temperatur nimmt vom Umland in Richtung Stadtzentrum, im Gegensatz zur sinkenden Luftfeuchtigkeit zu. Lokale Wärmeinseln können eine bis zu 10°C höhere Temperatur aufweisen als stadtferne Gebiete (KLAUSNITZER 1993). Ursachen für die Überwärmung und Minderung der Luftfeuchtigkeit sind einerseits die von Staub und Abgasen gebildete Dunsthaube über der Stadt und andererseits die dreidimensionale Bauweise (ERIKSEN 1964, KUTTLER in SUKOPP & WITTIG 1993). Die Dunsthaube behindert die Wärmeabstrahlung in die Atmosphäre und reflektiert die Stadtwärme (Glashauseffekt). Die dreidimensionale Bauweise in den Städten bewirkt die volle Ausnutzung und Speicherung der Sonnenwärme. Diese Erwärmung, der geringe Pflanzenbestand und der rasche Abfluß von Niederschlägen infolge der Oberflächenversiegelung bewirken zudem ein trockeneres Stadtklima.

Die mittlere Windgeschwindigkeit ist in der Stadt zwar durch die Rauigkeit der Bauwerke reduziert, jedoch ergeben sich kleinräumig und in Abhängigkeit von der topographischen Lage Turbulenzen und Thermiken (KRUPKA 1992), die bei der Besiedlung von Dachbegrünungen eine wichtige Rolle spielen können (siehe Kapitel 5.2.2).

Bereiche mit dichterem Pflanzenbewuchs, wie Parks, Friedhöfe u.ä., können jedoch in der Stadt ähnliche Klimaverhältnisse aufweisen wie das Umland (ERIKSEN 1964). Grünanlagen, vor allem mit Sträuchern und Bäumen, wirken durch ihre Wärmeaufnahme und die entstehende Verdunstungskälte wie „Kälteoasen“ (KLAUSNITZER 1993, KUTTLER in SUKOPP & WITTIG 1993, HÖSCHELE & SCHMIDT 1974).

## Exponierte Lage und fehlender Bodenanschluß

Aufgrund der meist ungeschützten, exponierten Lage und der fehlenden Verbindung zum gewachsenen Boden, sind Pflanzen und Tiere, zumindest auf extensiven Dachbegrünungen, extremen Bedingungen ausgesetzt (LIESECKE 1973, MANN 1996b):

- Dem Fehlen von natürlichen geologischen Bodenhorizonten,
- gestörten Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- einem in die Tiefe begrenzten Wurzelraum und damit auch dem Fehlen von Rückzugsflächen für Tiere,
- Angriffen des Windes,
- Trockenheit und zeitweiliger Staunässe (bei Starkregen und gefällelosen Dächern),
- Extremtemperaturen im Sommer und Winter.

Die aufgeführten Charakteristika treffen auf alle exponiert liegenden extensiven Dachbegrünungen zu; bei Intensivbegrünungen mit hohem Substrataufbau, einem Regenwasseranbau in der Drainage und einer Sträucher-Vegetation sind jedoch auch bodenähnliche Verhältnisse gegeben.

Neben den faunistischen Untersuchungen liegen auch Temperaturmessungen im bzw. auf dem Substrat vor (MANN 1994, RIEDMILLER 1991, BONN 1996, HIRSCHFELDER 1991, MECKE 1996, MÜLLER 1988, KÖHLER & BAIER 1989, KOLB & SCHWARZ 1986). Übereinstimmend wurde festgestellt, daß das Substrat von flachgründigen, extensiv begrünten Dächern im Winter vollkommen durchgefriert und im Sommer sehr hohe Temperaturen aufweist. Die Temperaturen bewegen sich demnach in Bereichen, die nur von wenigen Tierarten toleriert werden können. Intensive Dachbegrünungen können dagegen auch im Winter frostfreie Zonen und im Sommer vor hohen Temperaturen geschützte Stellen haben (MANN 1994, MECKE 1996). Über das Temperaturverhalten von Intensivbegrünungen liegen allerdings nur wenige Daten vor. KOLB & SCHWARZ (1986) wiesen für ein Dach mit einer Gras-Kraut-Vegetation eine wärmeisolierende Wirkung nach und BONN (1996) ging anhand des Fundes von Regenwürmern davon aus, daß Dächer mit einer Gras-Kraut-Vegetation nicht vollständig durchfrieren. Die Temperaturverhältnisse im Substrat können natürlich auch vom Dachaufbau (Warmdach, Kaltdach, Umkehrdach) und der möglichen Beheizung des darunterliegenden Gebäudeinneren abhängen (MÜLLER 1988, MECKE 1996).

Die ermittelten Temperaturdaten der Versuchsanlage ENSÖ bestätigen die angeführten Punkte (Kapitel 2.6), wobei hier bei allen Versuchsflächen im Sommer der ersten Vegetationsperiode sehr hohe Temperaturen festgestellt wurden. Es ist jedoch möglich, daß die Tiere kühlere Bereiche (z.B. tiefere Schichten: Drainage unter dem Filtervlies) finden konnten. Im Winter ist der Schichtaufbau der intensiv begrünten Versuchsflächen, im Gegensatz zu den Extensivflächen, nie komplett durchgefroren (MANN & HENNEBERG 1998a).

## Alter und Größe der begrünten Dächer

Inwieweit Alter und Flächengröße das Vorkommen von Tieren beeinflussen, soll für den Bereich „Dachbegrünung“ in Kapitel 6.3.2 diskutiert werden. Anzumerken ist jedoch, daß zumindest die gärtnerisch angelegten Gründächer meist relativ neue und damit junge Biotope darstellen, die sich zum Großteil noch in der Entwicklungsphase befinden (siehe Kapitel 2.4.3). Obwohl Dächer (auch in Deutschland) schon seit über 20 Jahren begrünt werden (GILGEN 1994, LIESECKE 1998b), begann die „Grüne Welle Dachbegrünung“ in Deutschland erst vor etwa zehn Jahren. Man kann heute für den Biotop Gründach noch nicht vorhersehen, wieviele Jahre vergehen müssen, bis sich eine Lebensgemeinschaft stabilisiert hat. Die „Reifezeit“ eines Lebensraumes dauert unter guten Bedingungen auch im Freiland mehrere Jahre und ist vom Biotoptyp abhängig. BLAB (1985) gibt z.B. für

„Ackerwildkrautgesellschaften“ ein bis vier Jahre, für „gepflanzte Hecken“ 10-15 Jahre und für „Magerrasen“ einige Jahrzehnte an, bis sich eine standorttypische Biozönose einstellt. Durch ständiges Fortschreiten der Biotopfragmentierung gehen immer mehr Flächen und Besiedlungsquellen verloren, so daß sich in jungen Habitaten erst nach längerer Zeit ein Artengleichgewicht einstellen kann (HOVESTADT 1990). Nur „Pionierbiotope“, d.h. gut regenerier- und ersetzbare Biotoptypen mit hoher natürlicher Dynamik, werden relativ schnell durch Tierarten, die sich diesen Bedingungen anpassen können, besiedelt. Selbst bei einer aus vegetationskundlicher Sicht gelungenen Neugestaltung eines Biotops wird auf lange Sicht ein Übergewicht an standortfremden bzw. „Allerweltsarten“ zu erwarten sein (BLAB 1985).

U.a. aufgrund der baulichen Gegebenheiten sind großflächige und aufwendige Dachbegrünungen nur selten möglich. Die durchschnittliche Flächengröße der 125 untersuchten Dächer dieser Arbeit lag bei 726 m<sup>2</sup>. Das größte untersuchte Dach (*SWLBexo*) wies 8000 m<sup>2</sup> auf, wobei die Strukturvielfalt dieses Gründaches als gering einzustufen war. Durch die meist kleinen Flächen tritt der Verinselungscharakter von Dachbegrünungen noch stärker in den Vordergrund.

### **Isolierte Lage (Inselbiotop)**

Dächer sind, unabhängig davon, welche Flächengröße sie einnehmen, als von anderen Biotopen isolierte Inseln zu sehen. So kann die Inseltheorie von MAC ARTHUR & WILSON (1967) z.T. auch auf Stadthabitate übertragen werden. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen und Veröffentlichungen (MADER & MÜHLENBERG 1981, MADER 1981, MADER 1983, MÜHLENBERG & WERRES 1983, KLAUSNITZER 1993) lassen sich folgende Sachverhalte feststellen:

- Mit zunehmender Verkleinerung des Lebensraumes nimmt das quantitative und qualitative Ressourcenangebot ab, wobei das Ressourcenspektrum zu Beginn weitestgehend erhalten bleiben kann (KLAUSNITZER 1993, MADER 1983). Eine signifikante Korrelation zwischen Ressourcenangebot und Individuenzahl konnte von MADER & MÜHLENBERG (1981) aus Bodenfallenfängen nachgewiesen werden. „Große und qualitativ hochwertige Flächen erhöhen die Überlebenschance einer Population, da sie mehr Individuen beherbergen können als weniger geeignete Flächen“ (HENLE 1994).

- Inselbiotope, wie z.B. Gründächer, sind hinsichtlich ihres Ressourcenangebotes instabiler, störanfälliger und Umweltfluktuationen stärker ausgesetzt (MADER 1983). Nach SCHULTE & MARKS (1985) bestimmt vor allem die Flächengröße den Wert und die Entwicklungsmöglichkeit eines Biotops, da sich bei kleinen Arealen, wegen der fehlenden Pufferung, Störungen ungünstig auswirken können.

- Da auch bei sehr kleinen Inselbiotopen ausreichende Mikrohabitate und Ressourcen vorhanden sein können, ist in Ausnahmefällen eine relativ hohe Anzahl an Tierarten möglich (MADER 1983, KLAUSNITZER 1993). Die Zoozönose setzt sich dann aus standorttreuen Arten, Pionierarten und temporären Zuwanderern aus Nachbarbiotopen zusammen (MADER 1983). Der Einfluß der nicht standortgemäßen Arten nimmt zu, und das Artenspektrum entspricht nicht mehr dem der ursprünglichen Population (MADER 1981). Die Diversitätswerte können bei oberflächlicher Betrachtung als sehr hoch angesehen werden, was aber nicht den veränderten Abundanzen und Dominanzverhältnissen gerecht wird, so daß die Diversitätswerte als ausschließliches Bewertungskriterium abzulehnen sind (MADER 1981, MÜHLENBERG & WERRES 1983, HENLE 1994).

- In der Regel sind bei Biotopverkleinerungen erhebliche Artenverluste und ein Rückgang der Aktivitätsdichten zu beobachten (MADER 1981, MÜHLENBERG & WERRES 1983). D.h. kleine Flächen beherbergen weniger Arten. Je kleiner jedoch eine Population ist, um so stär-

ker können durch genetische Drift bedingte Veränderungen und demographische Schwankungen zu ihrer zufälligen Auslöschung führen (HOVESTADT et al. 1991, SOULÉ 1987).

- Kleine, isolierte Biotope weisen geringe Artenzahlen mit einem hohen Anteil der häufigen Arten auf, was eine geringe Diversität zur Folge hat. Dabei können einzelne Arten 50-70 % aller Individuen stellen (MADER 1983, KLAUSNITZER 1993). Ebenso nimmt der Einfluß nicht standortgemäßer Arten zu. Es findet ein Konkurrenzkampf um die eingeschränkten Ressourcen statt, bei dem sich die anpassungsfähigeren Arten durchsetzen. Arten mit größeren Flächenansprüchen sterben aus bzw. wandern ab und es entstehen neue Artenzusammensetzungen (MAY 1980, MADER 1983, KLAUSNITZER 1993).

- MADER & MÜHLENBERG (1981) stellten bei Untersuchungen von Laufkäferpopulationen fest, daß isolierte und kleinräumige Habitate hauptsächlich von flugfähigen und eurytopen Carabidenarten mit breiter ökologischer Valenz besiedelt werden. TOPP (1988) beschrieb dies ebenfalls bei der Besiedlung einer neu entstandenen Nordseeinsel. Bei Laufkäfern und Spinnen verringerten sich die mittleren Größenklassen nach der Verkleinerung ihres Lebensraumes (MÜHLENBERG & WERRES 1983).

- Lokale Aussterbe- und Immigrationsprozesse sind regelmäßig auftretende natürliche Ereignisse (MAC ARTHUR & WILSON 1967).

- Mit steigender Isolation steigt die Extinktionswahrscheinlichkeit einer Population (MADER 1981). Als kritische Entfernung zwischen zwei gleichen Biotoptypen werden für Moorbiotope 5 km (MADER 1981), für Waldgebiete 0,8 km (HOOPER 1970) und für Fichten-Wälder 0,5 km (MADER & MÜHLENBERG 1981) angegeben.

Auf diesen Grundlagen sind verschiedene Naturschutzstrategien und Rechenmodelle entwickelt worden (BLAB 1992, WISSEL & STEPHAN 1994, JETSCHKE & FRÖBE 1994, HENLE 1994, FRANK et al. 1994). Vor dem Hintergrund der „Gleichgewichts-Hypothese“ (Gleichgewicht zwischen aussterbenden und einwandernden Arten) von MAC ARTHUR & WILSON (1967) wurden Konzepte der „MVP“ (Minimum Viable Population, SHAFFER 1981) und der „Metapopulation“ (HANSKI & GILPIN 1991) erarbeitet.

Das Konzept der MVP (= kleinste überlebensfähige Population) versucht für die isolierte Population einer bestimmten Art vorherzusagen, wie groß die Individuenzahl mindestens sein muß, um mit einer vorgegebenen Überlebenswahrscheinlichkeit das Überleben der Population zu sichern (WISSEL & STEPHAN 1994). Über den Wert der MVP wird ein entsprechender Flächenbedarf für die besagte Population abgeleitet (HOVESTADT et al. 1991, BLAB 1992). Alle Tierarten benötigen Mindestareale, um dauerhafte Populationen bilden zu können. Für die Bodenmakrofauna liegen hierüber nur wenige Daten vor, so daß noch unklar ist, ob ein paar hundert Quadratmeter Dachbegrünung die Lebensraumbedingungen für langjährige Tierpopulationen bieten können. FRÜND & RUTKOWSKI (1989) gehen bei den Makrosaprophagen (Regenwürmer, Asseln, Diplopoden) von einem Flächenbedarf von 10-200 m<sup>2</sup> aus. In Eichen-Hainbuchen-Wäldern werden als Minimalareale für die Laufkäferzönose 2-3 ha und für die Spinnenzönose 10 ha angegeben (MADER 1981). HEYDEMANN (1981) gab für die Makrofauna (Endogaion) 5-10 ha, für kleine Laufkäfer (4-5 mm, z.B. *Bembidion spec.*) 0,25 ha und für große Laufkäfer (20-30 mm, z.B. *Carabus spec.*) 6 ha als Minimalareale an.

Unter „Metapopulation“ wird ein Netz ausgeglichener, lokaler Lebensgemeinschaften verstanden, die untereinander durch zu- und abwandernde Individuen lose verbunden sind. Dezimierte Populationen können durch Einwanderer vor dem Aussterben bewahrt (BROWN & KODRIC-BROWN 1977) bzw. es kann eine Population neu gegründet werden. In Metapopulationen kann zudem ein größerer Anteil an genetischer Variabilität erhalten bleiben als im Vergleich zu einer zusammenhängenden Population gleicher Individuenstärke (SHAFFER 1985, GILPIN & SOULÉ 1986). FRANK et al. (1994) stellten stochastische Modelle zu Metapopulationen auf.

Bei der Neubesiedlung von Biotopen spielen die Entfernung geeigneter Zielhabitate und die Mobilität der Tierarten eine entscheidende Rolle (u.a. JETSCHKE & FRÖBE 1994). Welche Stellung dabei begrünte Dächer einnehmen können, soll in Kapitel 5.2.2 und 7 diskutiert werden.

#### **4. Stand der zoologischen Untersuchungen von begrünten Dächern - Vergleichsmöglichkeiten**

In Deutschland sind bis heute nur etwa 16 Untersuchungen hinsichtlich der Fauna von bewachsenen Dächern veröffentlicht worden. Es wurden 71 gärtnerisch bzw. spontan begrünte Dächer faunistisch untersucht (Tab. 11). Die Datenerfassung erfolgte in der Regel mit Bodenfallen, die zum Teil mit Kescher- bzw. Handfängen, Farbschalen, Fensterfallen oder Photoelektoren ergänzt wurden. Da sich die Anwendungen der Bodenfallen teilweise stark voneinander unterscheiden (Fallenzahl und Fangdauer), ist nicht nur die Gegenüberstellung verschiedener Autoren, sondern auch der Vergleich innerhalb einer Untersuchung nur mit Rücksicht auf die methodischen Gegebenheiten zulässig.

Die untersuchten bzw. ausgezählten Tiergruppen stellen sich bei den faunistischen Untersuchungen wie folgt dar: Bei der Mehrzahl der aufgeführten Untersuchungen sind (Lauf-)Käfer und Spinnen besonders beachtet worden. Wildbienen standen nur bei einem Drittel der Untersuchungen im Mittelpunkt. Nur fünf Autoren haben genaue Angaben über die zahlenmäßige Verteilung der mittels Bodenfallen erfaßten (epigäischen) Tiergruppen auf den einzelnen Dächern gemacht (MANN 1994 und 1995, MECKE 1996, MÜLLER 1988, RIEDMILLER 1991, ZIMMERMANN 1987). Über das Vorkommen von Makrosaprophagen (wie Regenwürmer, Asseln, Diplopoden und Tausendfüßer) auf den verschiedenen Dächern machten neun Autoren eine Aussage. Nur wenige Untersuchungen stellten umfassende Zoozönosen dar, bei denen (fast) alle erfaßten Tiere bis auf die Gattung bzw. Art bestimmt wurden (MECKE 1996, MÜLLER 1988, RIEDMILLER 1991, ZIMMERMANN 1987).

Das Interesse und die Ziele der meisten Untersuchungen drehten sich um die Fragen nach dem „Dach als Lebensraum“ und „der Zusammensetzung der Tiergemeinschaften“. Die Beantwortung der Frage, welche Rolle die Einflüsse von Dachgröße, Umland und Alter auf die Besiedlung von Gründächern spielen, wurde selten als Ziel festgesetzt. Relativ wenige Untersuchungen berücksichtigten Unterschiede zwischen Gründach und Kiesfläche bzw. Bodenstandort (ACHTEL 1991, BONN 1996, MECKE 1996, MÜLLER 1988, ZIMMERMANN 1987) und zwischen verschiedenen Gründächern selbst (HIRSCHFELDER 1991, MANN 1994, MECKE 1996, ZIMMERMANN 1987).

Bei der Betrachtung der Auswahl der untersuchten Dachbegrünungen wird bei allen faunistischen Untersuchungen der methodisch am schwersten zu lösende Bereich deutlich: die Vergleichbarkeit der Dachflächen. Entweder wurden sehr wenige Dächer untersucht, deren Ergebnisse nur unter Vorbehalt verallgemeinert werden können, oder es standen viele Dächer zur Verfügung, die allerdings aufgrund verschiedener Faktoren nicht unbedingt miteinander vergleichbar waren. Die Parameter, die eine Vergleichbarkeit, besonders bei sehr speziellen Fragestellungen, erschweren sind u.a.: - Begrünungs- und Vegetationsform, - Dachneigung, - Alter der Begrünung, - Flächengröße, - Lage. Es ist in der Praxis, und die vorliegenden 16 Untersuchungen bestätigen dies, kaum möglich, absolut vergleichbare Dachflächen zu finden. Die untersuchten Dachbegrünungen waren zum größten Teil extensive Begrünungen: entweder gärtnerisch bepflanzte junge Dächer oder spontan bewachsene ältere Kiesdächer. Intensive Dachbegrünungen wurden selten untersucht (MECKE 1996, MANN 1994 und 1995, ZIMMERMANN 1987).

Tab. 11: Übersicht der veröffentlichten faunistischen Untersuchungen auf begrünten Dächern

<b>Autor und Untersuchungsort</b>	<b>Untersuchungsobjekte</b>	<b>untersuchte Tiergruppen</b>	<b>Fragestellung</b>
ACHTEL 1991 Kiel	5 begrünte Flachdächer, 6 begrünte Schrägdächer, 1 Bodenstandort	Spinnen, Käfer, Zikaden	Zusammensetzung der Arthropodengemeinschaft? Unterschied zum Boden? Einfluß der Flächengröße?
BONN 1996 Braunschweig	13 begrünte Flachdächer (teilweise mit Bodenanschluß), 2 Kiesdächer 1 Bodenstandort	Spinnen, Laufkäfer, Heuschrecken	Artenspektrum der Laufkäfer und Spinnen? Auswirkungen der Substrate? Einfluß der Flächengröße und des Umlandes? Mögliche Besiedlungswege?
BECKERS & FRÜND, unveröffentl. Bornhöved	3 begrünte Dächer	Schnecken, Asseln, Regenwürmer, Tausendfüßer	Vorkommen von Makrosaprophen?
DARIUS & DREPPER 1983 Berlin	2 bewachsene Kiesdächer	Milben, Laufkäfer	Zusammensetzung der Zoozönose?
HIRSCHFELDER 1991 Osnabrück	7 begrünte Flachdächer, 3 bewachsene Kiesdächer	Rädertiere, Spinnen, Lauf- und Kurzflügelkäfer	Dächer als Lebensraum? Unterschiede bzgl. Alter und Struktur?
JOGER & VO- WINKEL 1992 Göttingen	2 begrünte Flachdächer, 1 Kiesdach	Springschwänze, Spinnen, Laufkäfer, Hautflügler	Junge Dächer als Lebensraum?
KLAUSNITZER et al. 1980 Leipzig	1 bewachsenes Kiesdach	Spinnen, Laufkäfer	Zusammensetzung der Zoozönose?
KLAUSNITZER 1988 Leipzig	1 bewachsenes Kiesdach	Spinnen, Laufkäfer	Zusammensetzung der Zoozönose?
KYTZLER & SULZ- BERG 1992 Berlin	begrünte Dächer	Spinnen, Laufkäfer, Wanzen	Zusammensetzung der Zoozönose?
MANN 1994 Böblingen/Sindelfingen	4 unterschiedlich begrünte Flachdächer	Laufkäfer, Wildbienen, Tagfalter, Heuschrecken, epigäische Makrofauna	Zusammensetzung der Zoozönose? Dauerhafte Tierpopulationen? Unterschiede bei den Begrünungsformen?
MANN 1995 Böblingen	1 extensiv-intensives Flachdach	epigäische Makrofauna	Junges Dach als Lebensraum?

<b>Autor und Untersuchungsort</b>	<b>Untersuchungsobjekte</b>	<b>untersuchte Tiergruppen</b>	<b>Fragestellung</b>
MECKE 1996 Hamburg	7 teilweise unterschiedlich begrünte Flachdächer 1 Kiesdach	epigäische Makrofauna, Heuschrecken, Stechimmen, Käfer, Schwebefliegen	Zusammensetzung der Zoo- zönose? Unterschiede bei den Begrün- ungsformen?
MÜLLER 1988 Mülheim	2 begrünte Flachdächer 2 Bodenstandorte	epigäische Fauna, Regen- würmer, Fadenwürmer, Schmetterlinge, Vögel	Dach als Lebensraum?
RIEDMILLER 1991 Heidelberg	1 begrüntes Flachdach	epigäische Fauna, Wild- bienen	Junges Dach als Lebensraum?
RIEDMILLER 1994 Heidelberg	14 begrünte Flachdächer 4 Bodenstandorte	epigäische Fauna, Wildbienen	Zusammensetzung der Zoo- zönose? Blütenattraktivität für Bienen? Funktion als Trittsteinbiotop? Ökologische Aufwertungen?
ZIMMERMANN 1987 Stuttgart	2 unterschiedlich begrünte Flachdächer 1 Kiesdach	epigäische Fauna, Flug- insekten, Vögel	Zusammensetzung der Zoo- zönose? Unterschied zum Kiesdach?

Neben den angeführten faunistischen Untersuchungen liegen erste Forschungsansätze zur biologischen Aktivität von Dachsubstraten (ROTH-KLEYER 1995b) und der Besiedlung von vorkultivierten Vegetationsmatten durch Springschwänze vor (WARNECKE 1996).

## 5. Versuchsanlage *ENSÖ*: Ergebnisse und Diskussion

### 5.1 Ergebnisse

#### 5.1.1 Auswertung der Fänge mit Barberfallen

In den 27 Monaten, die seit der Bepflanzung der Versuchsanlage *ENSÖ* vergangen sind, wurden die Barberfallen viermal geöffnet (Tab. 8). Auf alle acht Untersuchungsflächen bezogen, wurden mit 16 Barberfallen in 49 Tagen insgesamt 1305 Tiere der unterschiedlichsten Tiergruppen gefangen. Tab. 12 gibt die Verteilung der erfaßten Tiere nach den einzelnen Flächen und Fangperioden wieder.

Die acht untersuchten Parzellen wurden in drei Kategorien eingeteilt: Unbegrünte Vergleichsfläche (Kies), extensive und intensive Begrünungsformen (s. Kap. 2.5.1, Tab. 5). Aufgrund der geringen Anzahl an Untersuchungsflächen ist eine Einteilung in Vegetationsformen, wie in Kapitel 2.5.1 vorgeschlagen, nicht sinnvoll.

Betrachtet man die drei Kategorien im Vergleich, so fällt auf, daß auf der unbegrünten Kiesfläche deutlich weniger Individuen (23 Tiere) als auf den extensiv und intensiv begrünten Flächen (163-267 Individuen) gefangen wurden. Die beiden Begrünungsformen „extensiv“ und „intensiv“ unterschieden sich in der Zahl der erfaßten Tiere nur unwesentlich, mit Ausnahme von *ENSÖ 4*, das deutlich mehr Individuen aufwies.

Bei den intensiven Begrünungsformen wurden generell in der 4. Fangperiode die meisten Individuen gezählt, bei den extensiven Begrünungsformen gab es jedoch Unterschiede: Die Flächen *ENSÖ 6* und *ENSÖ 7*, beide im Drei-Schicht-Aufbau mit organischem Substrat, hatten wie die intensiv begrünten Parzellen in der 4. Fangperiode ihre höchste Aktivitätsdichte. Dagegen hatten die Flächen *ENSÖ 5* und *ENSÖ 23*, beide im Zwei-Schicht-Aufbau mit mineralischem Substrat, ihr Maximum in der Fangperiode II. Trotz der flexiblen Verwendung der Barberfallen liegt der Verdacht nahe, daß die 3. Fangperiode stark durch die 2. beeinflusst wurde: bei fast allen Flächen gingen die Aktivitätsdichten von der 2. auf die 3. Fangperiode zurück, obwohl die Barberfallen in der 2. Phase nur sieben Tage geöffnet waren. Die hohen Aktivitätsdichten in der Fangperiode IV sind in allen Fällen auf das erhöhte Vorkommen von Gastropoden (vorrangig Nacktschnecken) zurückzuführen. Interessant sind die Fangergebnisse der Kiesfläche (*ENSÖ 22*), bei der kein deutliches Maximum ausgebildet war und in jedem Fangzeitraum ähnliche Aktivitätsdichten ermittelt wurden.

Die Auflistung der Tiergruppen nach den Dominanzen (relative Häufigkeiten) in Tab. 13 macht einerseits die Unterschiede zwischen extensiver und intensiver Begrünung und andererseits die Ähnlichkeit innerhalb der Begrünungsarten deutlicher.

So steht die superdominante Tiergruppe der Gastropoda bei allen drei intensiv begrünten Parzellen an oberster Stelle, genau wie bei den extensiven Begrünungen die Araneae die höchsten Dominanzen aufweisen. Bei *ENSÖ 6* und *7* (organisches Substrat) haben die Gastropoden jedoch im Vergleich zu *ENSÖ 5* und *23* (mineralisches Substrat) höhere relative Häufigkeiten.

Die unter der Gruppe „Fluginsekten“ zusammengefaßten Tiere (Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera) waren bei allen untersuchten Versuchsflächen (außer *ENSÖ 4*) dominant vertreten, wobei die relativen Häufigkeiten bei den extensiven Begrünungsformen im Durchschnitt etwas höher (19,9 % zu 12,1 %) lagen.

Bei der unbegrünten Kiesfläche dominierten ebenfalls Araneae und „Fluginsekten“.

Auffällig sind die relativ hohen Dominanzwerte der Lumbricidae bei *ENSÖ 4* mit 13,1 % (intensive Begrünungsform) und *ENSÖ 5* mit 5,5 % (extensive Begrünungsform). Beide Flächen lagen unmittelbar nebeneinander.

Tab. 12: Aktivitätsdichte der erfaßten Tiere der Versuchsfächen ENSÖ

**Intensive Begrünungsformen**

Flächen	ENSÖ 2					ENSÖ 3					ENSÖ 4				
	I	II	III	IV	Su	I	II	III	IV	Su	I	II	III	IV	Su
<b>Fangperioden</b>															
<b>Tiergruppen</b>															
Spinnen	1	9	2	1/3	16	3	15	2	3/0	23	9	31	5	2/0	47
Käfer	1	2	0	4/0	7	0	10	5	1/1	17	0	19	4	1/1	25
Ameisen	0	1	2	6/5	14	0	0	2	0/1	3	0	1	2	6/9	18
Hundertfüßer	2	1	7	0	10	2	1	1	0	4	0	5	4	0	9
Larven	0	0	0	0	0	0	0	1	2/1	4	1	0	0	2/2	5
Asseln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Regenwürmer	1	0	0	1/0	2	1	0	0	2/0	3	0	0	2	33/0	35
Gehäuseschn.	0	0	4	6/7	17	0	1	4	4/8	17	1	1	7	4/6	19
Nacktschn.	2	1	6	51/13	73	1	1	4	18/26	50	1	0	14	33/23	71
Heuschrecken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zikaden	1	0	0	9/3	13	0	0	0	5/3	8	0	0	0	3/0	3
Wanzen	0	0	0	0	0	0	1	0	1/2	4	0	1	0	0	1
Fluginsekten	8	0	4	3/3	18	17	1	3	4/2	27	14	3	4	1/3	25
Ohrwürmer	1	0	1	0	2	0	0	0	0/4	4	0	0	2	2/4	8
Summen	17	14	26	115	172	24	30	22	88	164	27	61	44	135	267

**Extensive Begrünungsformen**

Flächen	ENSÖ 5					ENSÖ 6				
	I	II	III	IV	Su	I	II	III	IV	Su
<b>Fangperioden</b>										
<b>Tiergruppen</b>										
Spinnen	5	41	6	5/2	59	10	34	8	11/4	67
Käfer	0	11	1	2/0	14	1	11	1	1/1	15
Ameisen	1	2	0	3/0	6	0	1	3	1/1	6
Hundertfüßer	0	0	1	1/0	2	0	0	5	0	5
Larven	0	0	2	0	2	0	0	1	1/1	3
Asseln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regenwürmer	0	0	0	9/0	9	0	0	0	4/0	4
Gehäuseschn.	0	0	2	2/0	4	0	0	0	1/5	6
Nacktschn.	0	2	0	0/1	3	1	0	0	15/25	41
Heuschrecken	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Zikaden	1	0	1	2/2	6	1	0	3	1/1	6
Wanzen	0	2	0	0	2	0	1	0	0	1
Fluginsekten	15	14	21	2/2	54	14	5	5	1/3	28
Ohrwürmer	0	0	0	0/1	1	0	0	0	0	0
Summen	22	71	36	34	163	27	52	25	78	181

Fangperioden: I = 8.9.-22.9.95, II = 26.6.-03.7.96,  
 III = 26.8.-7.9.96, IV=14.8.-21.8.97 / 21.8.-27.8.97;  
 Su=Summe

## Extensive Begrünungsformen

Flächen		ENSÖ 7					ENSÖ 23				
Fangperioden		I	II	III	IV	Su	I	II	III	IV	Su
<b>Tiergruppen</b>											
Spinnen		5	40	8	5/6	64	10	56	19	7/8	100
Käfer		0	9	0	2/0	11	2	21	0	2/0	25
Ameisen		0	3	0	0	3	0	0	0	0	0
Hundertfüßer		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Larven		0	0	0	0	0	0	0	1	0/1	2
Asseln		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regenwürmer		0	0	0	0	0	0	0	0	1/0	1
Gehäuseschn.		1	1	0	3/4	9	0	0	1	3/4	8
Nacktschn.		0	0	2	32/10	44	0	0	1	3/5	9
Heuschrecken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zikaden		0	0	0	1/0	1	0	0	1	1/0	2
Wanzen		0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Fluginsekten		16	5	3	5/3	32	5	3	9	2/1	20
Ohrwürmer		1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Summen		23	59	14	71	167	17	80	33	38	168

## Unbegrünte Fläche (Kies)

Fläche		ENSÖ 22				
Fangperioden		I	II	III	IV	Su
<b>Tiergruppen</b>						
Spinnen		2	2	4	1/1	10
Käfer		1	1	0	1/0	3
Nacktschn.		0	0	1	0	1
Fluginsekten		5	0	1	1/2	9
Summen		8	3	6	6	23

Fangperioden: I = 8.9.-22.9.95, II = 26.6.-03.7.96,  
 III = 26.8.-7.9.96, IV=14.8.-21.8.97 / 21.8.-27.8.97;  
 Su=Summe

Tab. 13: Aktivitätsdominanzen (relative Häufigkeiten) der erfaßten Tiere der Versuchsflächen *ENSÖ* (dominante und eudominante Tiergruppen sind grau unterlegt)

<b>Intensive Begrünungsformen</b>					
<i>ENSÖ 2</i>		<i>ENSÖ 3</i>		<i>ENSÖ 4</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Schnecken	52,3	Schnecken	40,9	Schnecken	33,7
Fluginsekten	10,5	Fluginsekten	16,5	Spinnen	17,6
Spinnen	9,3	Spinnen	14,0	Regenwürmer	13,1
Ameisen	8,1	Käfer	10,4	Fluginsekten	9,4
Zikaden	7,6	Zikaden	4,9	Käfer	9,4
Hundertfüßer	5,8	Hundertfüßer	2,4	Ameisen	6,7
Käfer	4,1	Larven	2,4	Hundertfüßer	3,4
Regenwürmer	1,2	Wanzen	2,4	Ohrwürmer	3,0
Ohrwürmer	1,2	Ohrwürmer	2,4	Larven	1,9
		Regenwürmer	1,8	Zikaden	1,1
		Ameisen	1,8	Asseln	0,4
				Wanzen	0,4
<b>Extensive Begrünungsformen</b>					
<i>ENSÖ 5</i>		<i>ENSÖ 6</i>		<i>ENSÖ 7</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Spinnen	36,2	Spinnen	37,0	Spinnen	38,3
Fluginsekten	33,1	Schnecken	25,4	Schnecken	31,7
Käfer	8,6	Fluginsekten	15,5	Fluginsekten	19,2
Regenwürmer	5,5	Käfer	8,3	Käfer	6,6
Schnecken	4,3	Ameisen	3,3	Ameisen	1,8
Ameisen	3,7	Zikaden	3,3	Hundertfüßer	0,6
Zikaden	3,7	Hundertfüßer	2,8	Zikaden	0,6
Hundertfüßer	1,2	Regenwürmer	2,2	Wanzen	0,6
Larven	1,2	Larven	1,7	Ohrwürmer	0,6
Wanzen	1,2	Wanzen	0,6		
Heuschrecken	0,6				
Ohrwürmer	0,6				
<b>Unbegrünte Fläche (Kies)</b>					
<i>ENSÖ 22</i>					
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]				
Spinnen	43,5				
Fluginsekten	39,1				
Käfer	13,0				
Schnecken	4,3				
		<i>ENSÖ 23</i>		Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
				Spinnen	59,5
				Käfer	14,9
				Fluginsekten	11,9
				Schnecken	10,1
				Larven	1,2
				Zikaden	1,2
				Regenwürmer	0,6
				Ohrwürmer	0,6

Durch Beobachtungen konnte festgestellt werden, daß sich Heuschrecken aus drei verschiedenen Familien auf dem Versuchsdach eingefunden hatten: Tettigoniidae (Laubheuschrecken), Tetrigidae (Dornschröcken) und Acrididae (Feldheuschrecken, *Chorthippus spec.*). Die angetroffenen Individuen konnten den einzelnen Flächen nicht genau zugeordnet werden. Die einzige beobachtete Laubheuschrecke fand sich auf den intensiven Flächen ENSÖ 3 und 4, die häufigeren Dorn- und Feldheuschrecken befanden sich meist auf den extensiven Flächen (ENSÖ 5, 6, 7).

Auf den Flächen ENSÖ 4, 6 und 10 wurden Netze und adulte Individuen der Wespenspinne (*Argiope bruennichi*) gefunden (Anmerkung: die Vegetationsform von ENSÖ 10 entsprach der Vegetation von ENSÖ 6). Überraschenderweise befand sich auf ENSÖ 4 zur gleichen Zeit auch noch eine adulte Vierfleck-Kreuzspinne (*Araneus quadratus*). Der Abstand der Netze (Wespenspinne knapp über dem Boden, Kreuzspinne in etwa einem Meter Höhe an *Salix caprea*) betrug etwa fünf Meter.

### 5.1.2 Auswertung der Fänge mit Barberfallen und der Punkt-Bestandsaufnahmen hinsichtlich Bodentiergruppen

Aufgrund der Barberfallenfänge ist nach der in Kapitel 2.5.2 ausgewählten saprophagen Makrofauna folgendes festzuhalten:

- Die gefundenen Myriapoda sind ausschließlich Chilopoden (Hundertfüßer). Diplopoden konnten auf keiner Fläche erfaßt werden.
- Isopoda konnten nur mit einem einzigen Exemplar auf ENSÖ 4 ermittelt werden und dies in der Fangperiode I.
- Lumbricidae waren bei allen untersuchten Parzellen (außer ENSÖ 7) zu finden, jedoch verstärkt erst in der letzten Fangperiode (IV.). In dieser Fangperiode wurde die Fangflüssigkeit nach sieben Tagen ausgetauscht. In der zweiten Hälfte des Fangzeitraumes (21.-27.08.97) konnten dann auffälligerweise keine Regenwürmer mehr erfaßt werden.
- Bei den Gastropoden gilt ähnliches, wobei auf den intensiv begrünten Flächen, im Gegensatz zu den extensiven Flächen, in jeder Fangperiode Schnecken erfaßt werden konnten. Die Aktivitätsdichten waren auf den intensiven Flächen deutlich höher als auf den extensiven Flächen. Auch auf der bekiesten Fläche ENSÖ 22 wurde eine Schnecke (Nacktschnecke) gefunden.

Ähnliche Tendenzen zeigten sich auch bei den Punkt-Bestandsaufnahmen im Juni 1996 und April 1997 (Tab. 14). Waren im Juni 1996 nur auf den Intensivbegrünungen ENSÖ 2 und 3 Lumbricidae und Gastropoda zu finden, konnten im April 1997 Schnecken auch auf den Extensivflächen nachgewiesen werden.

In Bezug auf das Vorkommen von Bodentiergruppen wurden neben den qualitativen Unterschieden zwischen den Begrünungsarten auch Unterschiede auf der Ebene der Artenzahl festgestellt. Auf der gesamten Versuchsanlage ENSÖ konnten zwei Lumbricidae- und neun Gastropoda-Arten (sieben Gehäuseschnecken- und zwei Nacktschneckenarten) bestimmt werden. Betrachtet man die beiden Begrünungsformen extensiv (ENSÖ 5, 6, 7, 23) und intensiv (ENSÖ 2, 3, 4) so zeigt sich, daß die intensiv begrünten Parzellen etwa doppelt soviel Bodentierarten aufwiesen (Tab. 15), was u.a. auf das erhöhte Vorkommen von Gastropoden zurückzuführen war. ENSÖ 4 wies mit 12 Arten die größte Artenvielfalt auf.

Extensivbegrünungen: Durchschnittlich 4,25 Arten.

Intensivbegrünungen: Durchschnittlich 8,67 Arten.

Statistische Methoden wurden aufgrund der geringen Stichprobenmenge nicht angewandt.

Tab. 14: Ergebnisse der Punkt-Bestandsaufnahmen auf den Versuchsflächen *ENSÖ*

	Punkt-Bestandsaufnahme am 26.06.96			Punkt-Bestandsaufnahme am 19.04.97		
	Regenwürmer	Gehäuseschn.	Nacktschn.	Regenwürmer	Gehäuseschn.	Nacktschn.
<i>intensiv</i>						
<i>ENSÖ 2</i>	2	2	2	2	4	3
<i>ENSÖ 3</i>	1	2	0	2	4	3
<i>ENSÖ 4</i>	0	0	0	2	4	3
<i>extensiv</i>						
<i>ENSÖ 5</i>	0	0	0	0	2	0
<i>ENSÖ 6</i>	0	0	0	0	3	2
<i>ENSÖ 7</i>	0	0	0	0	3	0
<i>ENSÖ 23</i>	0	0	0	0	1	0

0=nicht nachweisbar, 1=Einzelfund, 2=geringe Individuendichte, 3=mittlere Individuendichte, 4=hohe Individuendichte

Tab. 15: Übersicht der erfaßten Bodentierarten der Versuchsflächen *ENSÖ*

Fläche	Max. Rückzugstiefe	Vegetationsform	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda
				(Gehäuseschn.)	(Nacktschn.)	
<i>intensiv</i>						
<i>ENSÖ 2</i>	15 cm	Wildstauden-Gehölze	1 Art	4 Arten	1 Art	0
<i>ENSÖ 3</i>	20 cm	Hohe Stauden und Sträucher	1 Art	5 Arten	2 Arten	0
<i>ENSÖ 4</i>	5 cm	Wildstauden-Gehölze	2 Arten	7 Arten	2 Arten	1 Art
<i>extensiv</i>						
<i>ENSÖ 5</i>	5 cm	Sedum	2 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>ENSÖ 6</i>	10 cm	Sedum-Gras-Kraut	2 Arten	1 Art	2 Arten	0
<i>ENSÖ 7</i>	5 cm	Sedum-Gras-Kraut	0	2 Arten	2 Arten	0
<i>ENSÖ 23</i>	7 cm	Sedum	1 Art	2 Arten	1 Art	0
<i>Kies</i>						
<i>ENSÖ 22</i>	5 cm	Kies	0	0	1 Art	0

Tab. 16: Übersicht der erfaßten Gastropodenarten der Versuchsflächen ENSÖ

**Gastropoda** (Gehäuse- und Nacktschnecken)

Fläche	September 1995 Barberfallen	Juni/Juli 1996 Barberf. u. Punkt-Best.	September 1996 Barberfallen	April 1997 Punkt-Bestandsaufn.	August/Sept. 1997 Barberfallen
ENSÖ 2	<i>D. reticulatum</i> <sup>E</sup>	<i>D. reticulatum</i> <sup>E,P</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E,P</sup>	<i>D. reticulatum</i> <sup>E</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>D. reticulatum</i> <sup>E</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup> <i>Z. nitidus</i> <sup>F</sup>	<i>C. lubrica</i> <sup>U,E</sup> <i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup> <i>Z. nitidus</i> <sup>F</sup>
ENSÖ 3	<i>Deroceras spec.</i>	<i>D. reticulatum</i> <sup>E,Bf</sup> <i>Succineidae spec.</i> <i>T. sericea</i> <sup>F,P</sup>	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup>	<i>D. laeve</i> <sup>F</sup> <i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup> <i>V. pellucida</i> <sup>F</sup> <i>Z. nitidus</i> <sup>F</sup>
ENSÖ 4	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup> <i>Succineidae spec.</i>	<i>O. elegans</i> <sup>U,E,P</sup> <i>Succineidae spec.</i>	<i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup>	<i>C. lubrica</i> <sup>U,E</sup> <i>D. laeve</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup> <i>T. sericea</i> <sup>F</sup> <i>V. pulchella</i> <i>Z. nitidus</i> <sup>F</sup>
ENSÖ 5	-	-	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>
ENSÖ 6	-	-	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup>	<i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>D. laeve</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>
ENSÖ 7	<i>T. sericea</i> <sup>F</sup>	<i>O. elegans</i> <sup>U,E,Bf</sup>	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup>	<i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>D. laeve</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>
ENSÖ 22	-	-	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup>	-	
ENSÖ 23	-	-	<i>D. reticulatum</i> <sup>F</sup> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>	<i>Succineidae spec.</i>	<i>Deroceras spec.</i> <i>O. elegans</i> <sup>U,E</sup>

U=Umgebung ENSÖ, E="Egenolf", Bf=Barberfalle, P=Punkt-Bestandsaufnahme

Tab. 17: Übersicht der erfaßten Lumbriciden- und Isopodenarten der Versuchsflächen ENSÖ

Fläche	September 1995 Barberfallen	Juni/Juli 1996 Barberf. u. Punkt-Best.	September 1996 Barberfallen	April 1997 Punkt-Bestandsaufn.	August/Sept. 1997 Barberfallen
<b>Lumbricidae</b>					
ENSÖ 2		<i>Dendrobaena spec.</i> <sup>P</sup>	-	n.b.	<i>Dendrobaena spec.</i> <i>D. octaedra</i>
ENSÖ 3		<i>Dendrobaena spec.</i> <sup>P</sup>	-	<i>Dendrobaena spec.</i>	<i>Dendrobaena spec.</i>
ENSÖ 4	-	-	<i>Dendrob./Octol.</i>	<i>D. octaedra</i> <i>D. rubidus</i>	<i>Dendrobaena spec.</i> <i>D. rubidus</i>
ENSÖ 5	-	-	-	-	<i>Dendrobaena spec.</i> <i>D. rubidus</i>
ENSÖ 6	-	-	-	-	<i>Dendrobaena spec.</i> <i>D. rubidus</i>
ENSÖ 23	-	-	-	-	<i>D. rubidus</i>
<b>Isopoda</b>					
ENSÖ 4	n.b.	-	-	-	-

U=Umgebung ENSÖ, E="Egenolf", Bf=Barberfalle, P=Punkt-Bestandsaufnahme, n.b.=nicht bestimmt

Die Tab. 16 und 17 geben den Zeitpunkt der Erfassung, die Fangmethode und die Verteilung der Arten auf den einzelnen Flächen wieder. Dabei zeigen sich bei den Lumbricidae und Gastropoda ähnliche Entwicklungen in Abhängigkeit von der Zeitachse: Die intensiven Begrünungsformen konnten schon in den ersten Erfassungsperioden Würmer- und Schneckenarten aufweisen, wobei die Artenzahlen kontinuierlich stiegen. Die Artenzahlen erhöhten sich im Laufe der Zeit auch bei den extensiven Flächen, auf diesen traten jedoch erst ab der 3. (Gastropoda) bzw. 4. (Lumbricidae) Fangperiode auf allen Flächen Individuen auf.

Interessant war das Auftreten der in Baden-Württemberg seltenen Schnecke *Trichia sericea*. Alle Bodentierarten, die auf den extensiven Begrünungsformen nachgewiesen werden konnten, kamen auch auf den intensiven Flächen vor. Außer der seltenen Gehäuseschnecke konnten keine unerwarteten Arten gefunden werden, allerdings wurden mit *Deroceras reticulatum*, *Oxyloma elegans* und *Zonitoides nitidus* einige sehr feuchtigkeitsabhängige Gastropoden ermittelt. Ihr Vorkommen beschränkte sich nicht nur auf die intensiven Flächen, die allerdings vorrangig besiedelt wurden. Nähere Angaben zur Ökologie der erfaßten Arten finden sich in Kapitel 6.2.

### 5.1.3 Faunistische Bestandsaufnahme in der Umgebung der Versuchsanlage ENSÖ und des Pflanzenlieferanten

Die unmittelbare Umgebung der Versuchsanlage ENSÖ, die angrenzenden Wiesen und der Pflanzenlieferant „Egenolf“ (Gärtnerei Hofstetter Mühle) wurden ebenfalls stichprobenartig mittels Barberfallen und Punkt-Bestandsaufnahmen nach Bodentieren untersucht. Dabei wurde nicht nur die Umgebung der Kulturflächen der Gärtnerei, sondern auch direkt die Pflanzen, ihre Kulturschalen und Versandkisten untersucht. Die Artenlisten sollen Anhaltspunkte geben, woher die gefundenen Bodentiere auf der Versuchsanlage ENSÖ stammen. Insgesamt scheint das Arteninventar in dem Gebiet der Gärtnerei „Egenolf“ umfangreicher als das der Umgebung ENSÖ zu sein (Tab. 18).

Tab. 18: Übersicht der erfaßten Bodentierarten der Umgebung der Versuchsanlage ENSÖ und der Gärtnerei „Egenolf“

<b>Umgebung um die Versuchsanlage ENSÖ</b>			
<u>Lumbricidae</u>	<u>Gastropoda</u>		<u>Isopoda</u>
<i>Aporrectodea rosea</i>	<i>Aegopinella nitens</i>	<i>Monachoides incarnatus</i>	<i>Armadillidium vulgare</i>
<i>Dendrobaena spec.*</i>	<i>Arianta arbustorum</i>	<i>Oxychilus cellarius</i>	<i>Philoscia affinis</i>
<i>Octolasion lacteum</i>	<i>Arion distinctus</i>	<i>Oxyloma elegans*</i>	<i>Porcellio scaber</i>
<i>Octolasion spec.</i>	<i>Arion lusitanicus</i>	<i>Trichia hispida</i>	<i>Trachelipus rathkii</i>
	<i>Arion subfuscus</i>		
	<i>Cepaea hortensis</i>		<u>Diplopoda</u>
	<i>Cochlicopa lubrica*</i>		<i>Julus scandinavicus</i>
	<i>Deroceras spec.*</i>		<i>Polydesmus denticulatus</i>
	<i>Helix pomatia</i>		

<b>Gärtnerei "Egenolf"</b>			
<u>Lumbricidae</u>	<u>Gastropoda</u>		<u>Isopoda</u>
<i>Dendrobaena spec.*</i>	<i>Aegopinella nitens</i>	<i>Trichia sericea*</i>	<i>Armadillidium nasatum</i>
<i>Octolasion cyaneum</i>	<i>Arianta arbustorum</i>	<i>Trichia striolata</i>	<i>Armadillidium opacum</i>
<i>Octolasion spec.</i>	<i>Arion lusitanicus</i>	<i>Vitrina pellucida*</i>	<i>Armadillidium vulgare</i>
	<i>Balea biplicata</i>	<i>Vitrinobranchium breve</i>	<i>Hyloniscus riparius</i>
	<i>Clausilia cruciata</i>	<i>Zonitoides nitidus*</i>	<i>Ligidium hypnorum</i>
	<i>Cochlicopa lubrica*</i>		<i>Porcellio scaber</i>
	<i>Deroceras laeve*</i>		<i>Trachelipus rathkii</i>
	<i>Deroceras reticulatum*</i>		
	<i>Deroceras sturanyi</i>		<u>Diplopoda</u>
	<i>Discus rotundatus</i>		<i>Allaiulus nitidus</i>
	<i>Fruticola fruticum</i>		<i>Craspedosoma rawlinsii</i>
	<i>Macrogastera attenuata l.</i>		<i>Cylindroiulus caeruleoc.</i>
	<i>Monachoides incarnatus</i>		<i>Polydesmus denticulatus</i>
	<i>Oxyloma elegans*</i>		<i>Unciger foetidus</i>
	<i>Succinea putris</i>		

Die mit \* gekennzeichneten Arten konnten auf der Versuchsanlage ENSÖ nachgewiesen werden

## 5.2 Diskussion

### 5.2.1 Besiedlung eines neuen Lebensraumes und sich daraus ergebende Tendenzen für die Praxisobjekte

Auf der Kiesfläche (*ENSÖ 22*) konnten deutlich weniger Individuen und Bodentierarten gefangen werden als auf allen anderen begrünten Flächen. Als dominante bzw. eudominante Tiergruppen traten Spinnen, „Fluginsekten“ und Käfer auf. Während keiner der vier Fangperioden konnte, im Vergleich zu den begrünten Flächen, eine auffällig hohe Aktivitätsdichte festgestellt werden. Entsprechende Untersuchungen von MECKE (1996) und BONN (1996) bestätigen diese Ergebnisse: Auf den Kiesflächen wurden auch hier deutlich geringere Individuen- und Artenzahlen ermittelt. ZIMMERMANN (1987) beschrieb, daß auch die Artendiversität und Individuendichte entsprechend gering ausfiel. Bei MECKE (1996) war die Zahl der Individuen um etwa eine Zehnerpotenz geringer und die Zahl der erfaßten Taxa nur halb so hoch wie auf den begrünten Dächern. Die Dominanzstrukturen der Kiesdächer in der Praxis ergaben ein ähnliches Bild wie auf *ENSÖ 22*: Die (eu)dominanten Tiergruppen waren „Fluginsekten“ und Ameisen (wie bei ZIMMERMANN 1987) bzw. „Fluginsekten“ und Spinnen (wie bei MECKE 1996). RIEDMILLER (1991) fand bei 30-minütigen Handfängen auf einer neuangelegten, flachgründigen Extensivbegrünung acht Spinnenarten mit 17 Individuen und 70 Netzen im Gegensatz zu einem benachbarten Kiesdach, auf dem nur drei Arten und Individuen und drei Netze beobachtet wurden. Auch JOGER & VOWINKEL (1992) stellten bei der Spinnenfauna keinen gemeinsamen Artenblock zwischen dem Kiesdach und einer der beiden untersuchten Dachbegrünungen fest. Allerdings wies das Kiesdach ähnliche Individuen- und Artenzahlen auf wie eines der begrünten Dächer, jedoch bei anderen Arten- und Dominanzverhältnissen (JOGER & VOWINKEL 1992). Außer auf *ENSÖ 22* (eine Nacktschnecke) der vorliegenden Arbeit konnten auf keinem der untersuchten Kiesdächer anderer Autoren Bodentiere wie Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer oder Schnecken gefunden werden.

Bei den begrünten Untersuchungsflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* konnten in Abhängigkeit von der Begrünungsart, extensiv oder intensiv, Unterschiede festgestellt werden. Obwohl die Gesamtsumme aller gefangenen Tiergruppen der Intensivbegrünungen mit den Zahlen der Extensivbegrünungen größtenteils übereinstimmten, konnten auf den intensiv begrünten Flächen hinsichtlich Makrosaprophagen eine größere Anzahl an Individuen und Arten beobachtet werden (Tab. 12 und 15).

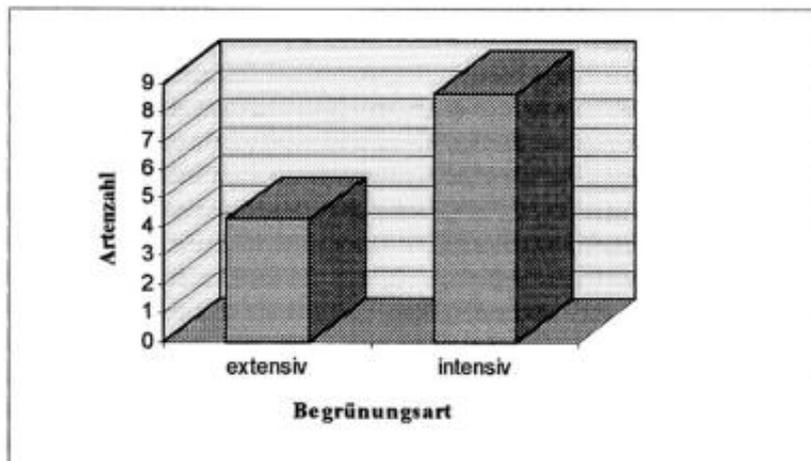


Abb. 12: Durchschnittliche Artenzahlen der Bodentiere der Versuchsanlage *ENSÖ* bei Extensiv- und Intensivbegrünungen

Auch das zeitliche Auftreten und der Anstieg der Artenzahlen konnten durch die Ergebnisse der Barberfallenfänge und Punkt-Bestandsaufnahmen dargestellt werden (Tab. 14, 16, 17): Waren bei den Flächen mit Intensivbegrünung schon zu Beginn der Untersuchung Lumbricidae und Gastropoda zu finden, so konnten bei den Flächen mit Extensivbegrünung diese Tiergruppen erst ein bis zwei Fangperioden später gefunden werden. Auffällig war, daß die Artenvielfalt bei fast allen Flächen mit dem Alter der Versuchsanlage stieg. Unklar ist jedoch, ob sich diese Arten neu auf dem Dach eingefunden haben, ob sie in vorhergehenden Fangperioden nicht erfaßt wurden oder von benachbarten Flächen einwanderten. Nur ein Individuum aus der Gruppe der Isopoda konnte in der ersten Fangperiode auf *ENSÖ 4* festgestellt werden. Trotz intensiver Suche wurden keine weiteren Exemplare gefunden. Nicht die unwirtlichen Bedingungen, die z.B. bei RIEDMILLER (1991) die Extinktion von Lumbricidae, Gastropoda und Isopoda auf einer neu angelegten Extensivbegrünung zur Folge hatten, sondern eher eine zu geringe „Gründer-Population“ führte zum Aussterben bzw. zum Nichtauffinden von Asseln. Aus dem gleichen Grund konnten keine Diplopoden gefunden werden.

Um Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Versuchsflächen zu überprüfen und anschaulich darzustellen, wurden anhand der relativen Häufigkeiten (Dominanzstrukturen, Tab. 13) zwei Clusteranalysen durchgeführt. Bei Abb. 13 wurden alle gefangenen Tiergruppen berücksichtigt und bei der zweiten Analyse (Abb. 14) standen die dominanten und eudominanten Tiergruppen im Vordergrund und die subdominanten, rezedenten und subrezedenten Gruppen (nach ENGELMANN 1978) wurden vernachlässigt.

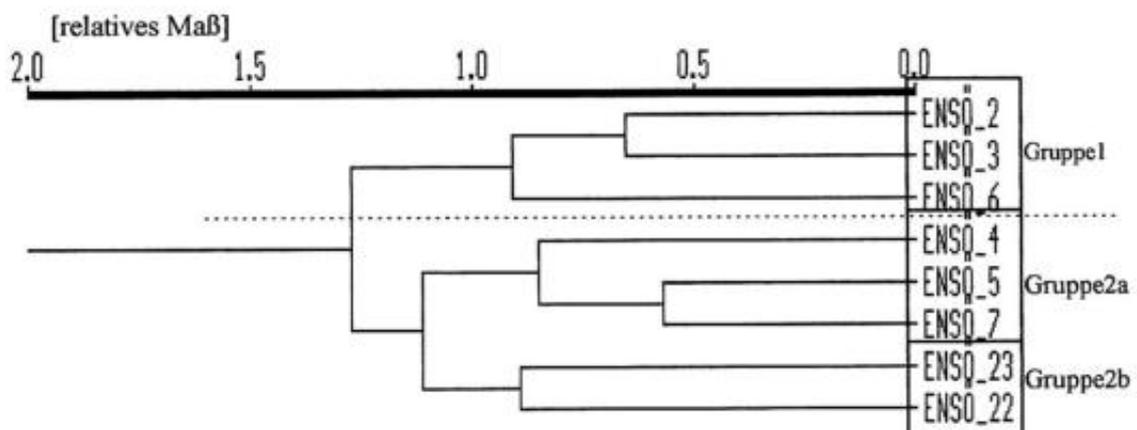


Abb. 13: Dendrogramm aus den Dominanzen der Versuchsflächen *ENSÖ* aufgrund aller erfaßten Tiergruppen. Zwei Dächer sind sich ähnlich, wenn sie miteinander verbunden sind. Die Unähnlichkeit der miteinander verglichenen Dächer nimmt vom Wert 0 nach links zum Wert 2 zu.

Aufgrund der Clusteranalyse (Abb. 13) können die acht Versuchsflächen in zwei relativ ähnliche Gruppen, im Folgenden „Vegetationsgruppen“ genannt, eingeteilt werden: Der Vegetationsgruppe 1 mit *ENSÖ 2, 3, 6* steht die Vegetationsgruppe 2 mit *ENSÖ 4, 5, 7, 22, 23* gegenüber.

Die Vegetationsgruppe 1 ist gekennzeichnet durch Flächen mit hoher Substratschicht (*ENSÖ 2*: 15 cm, *ENSÖ 3*: 20 cm, *ENSÖ 6*: 10 cm) und entsprechend dichter und unterschiedlich strukturierter Vegetation. Die Lebensraumbedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur) dürften relativ ausgeglichen sein, Rückzugsbereiche unter Sträuchern u.ä. waren vorhanden.

Den Flächen *ENSÖ* 2 und 3 wird anhand des Dendrogramms eine enge Verwandtschaft zugeschrieben. Beide Flächen sind Intensivbegrünungen mit relativ ähnlicher Vegetationsform und ähnlichem Erscheinungsbild. Die höherschichtige Extensivbegrünung *ENSÖ* 6, deren Strukturvielfalt durch zwei *Genista lydia* (Ginster) erhöht war, steht diesen intensiven Flächen relativ nah.

Bei der Vegetationsgruppe 2 fällt auf, daß alle Flächen nur geringe Substratauflagen von 5 cm haben (Ausnahme: *ENSÖ* 23 mit 8 cm). Es liegen, mit Ausnahme von *ENSÖ* 4 (intensiv) und *ENSÖ* 22 (Kies), flachgründige und einfach strukturierte Extensivbegrünungen vor. Alle Flächen stellen Lebensräume dar, die einerseits stark austrocknen und andererseits kurzfristig stärker vernässen, d.h. die abiotischen Randbedingungen sind relativ instabil.

*ENSÖ* 5 (Moos-Sedum) und *ENSÖ* 7 (Sedum-Gras-Kraut) sind sich in ihrer Fauna nach der Clusteranalyse relativ ähnlich, obwohl sich die beiden Flächen rein optisch durchaus unterscheiden. Beide Parzellen haben eine 5 cm dicke Substratschicht und die Sedum-Gras-Kraut-Vegetationsform stellt das mögliche Sukkzessionsstadium einer Moos-Sedum-Begrünung dar (vgl. Abb. 1). Möglicherweise spielen auch Interaktionen zwischen *ENSÖ* 5 und *ENSÖ* 4 eine Rolle. Dem Dendrogramm zur Folge steht die extensiv-intensive Begrünung *ENSÖ* 4 den beiden extensiven Flächen *ENSÖ* 5 und 7 am nächsten (Vegetationsgruppe 2a). Die Sonderstellung von *ENSÖ* 4 wird hier noch einmal verdeutlicht (siehe unten und Tab. 15).

Die bekiepte Fläche *ENSÖ* 22 ähnelt in der Zusammensetzung ihrer Zoozönose am ehesten der Moos-Sedum-Fläche *ENSÖ* 23 (Vegetationsgruppe 2b).

Bei der nur mit den (eu)dominanten Tiergruppen (Schnecken, Spinnen, „Fluginsekten“, Käfer, Regenwürmer) durchgeführten Clusteranalyse wird die beschriebene Einteilung in zwei „Vegetationsgruppen“ noch deutlicher (Abb. 14).

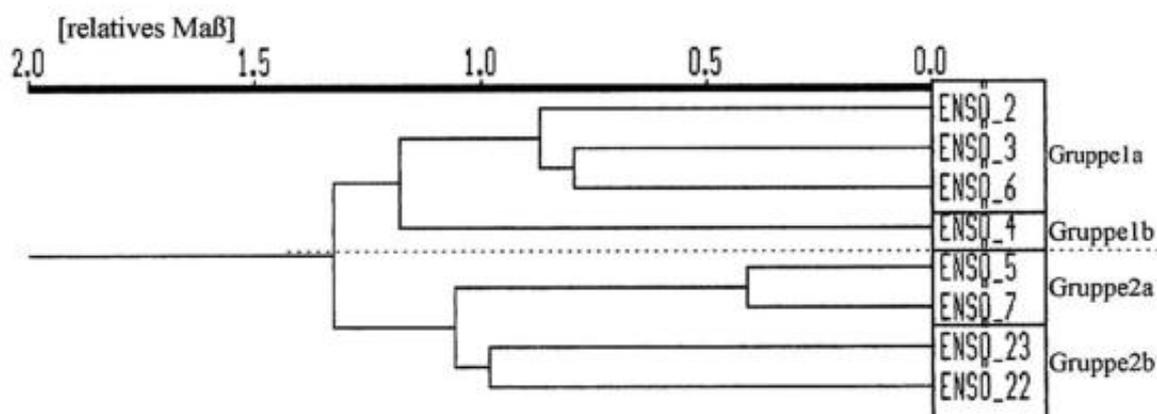


Abb. 14: Dendrogramm aus den Dominanzen der Versuchsfelder *ENSÖ* aufgrund der dominanten und eudominanten Tiergruppen (zur Erläuterung siehe Abb. 13).

In die Vegetationsgruppe 1 werden nun die sehr eng beieinander liegenden (d.h. hohe relative Ähnlichkeit) Flächen *ENSÖ* 2, 3, 6 (Vegetationsgruppe 1a) und die Fläche *ENSÖ* 4 (Vegetationsgruppe 1b) zugeordnet. Somit sind in der Vegetationsgruppe 1 hinsichtlich ihrer Faunenähnlichkeit alle intensiven Begrünungen und die strukturreichste bzw. substrathöchste Extensivbegrünung zusammengefaßt.

Die Vegetationsgruppe 2 stimmt mit dem Dendrogramm, das aus allen Tiergruppen abgeleitet wurde (Abb. 13) überein, d.h. alle Extensivbegrünungen, *ENSÖ* 5 und 7 (Vegetationsgruppe

2a) und *ENSÖ* 23 und 22 (Vegetationsgruppe 2b), liegen in ihren Faunenzusammensetzungen nahe beieinander.

Damit stehen den intensiv begrünten Flächen der Vegetationsgruppe 1 die extensiven Begrünungen der Vegetationsgruppe 2 gegenüber.

Vergleicht man die Dominanzstrukturen der extensiven und intensiven Teilflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* mit den relativen Häufigkeiten von ein bis zwei Jahre alten Praxisobjekten anderer Autoren, so sind Ähnlichkeiten festzustellen: Die fünf zum Vergleich herangezogenen Untersuchungen zeigen „Spinnen, Ameisen, Fluginsekten“ (MECKE 1996: ein Extensivdach), „Käfer, Fluginsekten, Spinnen“ (MÜLLER 1988: zwei Extensivdächer), „Fluginsekten, Spinnen, Käfer“ (RIEDMILLER 1991: ein neu angelegtes Extensivdach) und „Spinnen, Fluginsekten, Ameisen“ (ZIMMERMANN 1987: eine Intensivbegrünung) als (eu)dominante Tiergruppen. Bis auf die Gastropoda, die bei *ENSÖ* eine wesentliche Rolle spielen, stimmen die dominanten Tiergruppen überein, unabhängig davon, ob es sich um extensive oder intensive Dächer handelt. Dies ist eventuell mit dem geringen Alter der angesprochenen Objekte zu erklären, die vor allem in der Entstehungsphase stabiler Zoozönosen durch „Pionier-Tiergruppen“ (wie z.B. „Fluginsekten“, Spinnen) erobert werden (siehe dazu auch Kapitel 5.2.2).

Daß sich die einzelnen Teilflächen der Versuchsanlage *ENSÖ* gegenseitig beeinflussen (was bewußt in Kauf genommen wurde; siehe Kapitel 2.4.2) und sich dadurch Zu- und Abwanderungsvorgänge abspielen, läßt sich aus den Ergebnissen der Barberfallenfänge und Punkt-Bestandsaufnahmen ableiten. Besonders hervorzuheben ist:

1. Die Artenvielfalt nimmt pro Untersuchungsfläche zu.
2. Das Auftreten bzw. Ausbreitungsverhalten der seltenen Schnecke *Trichia sericea*. Die unscheinbare, eher strauchgebundene Gehäuseschnecke wurde in der 1. Fangperiode nur auf *ENSÖ* 7 gefunden, wo sie zu einem späteren Zeitpunkt allerdings nicht mehr zu finden war. In der 2. Fangperiode wurde sie auf *ENSÖ* 3 erfaßt und im letzten Fangzeitraum zeigte sich *Trichia sericea* auf allen intensiv begrünten Parzellen (*ENSÖ* 2, 3, 4).
3. Die hohe relative Häufigkeit (Dominanz) der Lumbricidae auf den direkt nebeneinander liegenden Flächen *ENSÖ* 4 und *ENSÖ* 5. Es ist anzunehmen, daß sich einzelne Regenwürmer bei sommerlichen Höchst- bzw. bei winterlichen Frosttemperaturen (siehe Tab. 9) in die benachbarte Intensivbegrünung (*ENSÖ* 4) zurückziehen konnten, um bei ausgeglichenen Temperaturverhältnissen von dieser Fläche aus die anderen Parzellen wieder zu besiedeln. Ähnliche Zu- und Abwanderungen könnten sich bei den Gastropoden abgespielt haben, die möglicherweise immer wieder von den geschützteren Flächen (*ENSÖ* 2, 3, 4, 6) auswanderten. RIEDMILLER (1991) hat das bei Isopoden beobachtet, die sich durch das aktive Aufsuchen von feuchteren Stellen der Hitze entzogen.
4. Das Vorkommen von Gastropoden mit starker ökologischer Bindung an Feuchtigkeit (*Deroceras laeve*, *Oxyloma elegans*, *Zonitoides nitidus*) auch auf extensiven Flächen.
5. Auffinden einer Nacktschnecke auf der bekiesten Vergleichsfläche (*ENSÖ* 22).

Aus den angeführten Punkten ergibt sich folgendes: Einerseits wird zumindest das Vorkommen der eher feuchtigkeitsliebenden Tierarten auf den Extensivflächen durch die benachbarten Intensivflächen begünstigt und stellt nicht unbedingt die Regel dar. Andererseits wird erkennbar, wie wichtig Rückzugsbereiche für bestimmte Tierarten sind. Auch HIRSCHFELDER (1991), RIEDMILLER (1991) und BONN (1996) stellten fest, daß die Fänge mit Barberfallen vorrangig in geschützten und dicht bewachsenen Habitaten erfolgreich waren.

Der Rückgang der Aktivitätsdichten auf allen Flächen der Versuchsanlage in der Fangperiode III deutet auf einen (noch) störanfälligen und instabilen Biotop hin. Der Verlust von Tieren in der 2. Fangperiode (Juni/Juli) konnte offensichtlich innerhalb von zwei Monaten nicht ausgeglichen werden. MÜLLER (1988) stellte ebenfalls einen „Leerfang-Effekt“ bei einem jungen Dach mit geringer Flächengröße fest.

Die Untersuchungsfläche *ENSÖ 4* nimmt, wie sich auch in der Clusteranalyse zeigte, eine Sonderstellung ein. Durch die angelegte Wildstauden-Gehölz-Vegetation, mit lichter und dichter Pflanzendeckung, wird ein abwechslungsreicher Biotop angeboten. Auch räumlich liegt *ENSÖ 4* zwischen einer Intensivbegrünung (*ENSÖ 2*) und einer Extensivbegrünung (*ENSÖ 5*). Auf *ENSÖ 4* konnte so die höchste Individuenzahl aller gefangenen Tiere, die höchste Artenzahl hinsichtlich Bodentieren, die einzige Assel und das zeitgleiche Vorkommen von Wespen- und Vierfleck-Kreuzspinnen nachgewiesen werden.

Die einzelnen Versuchsflächen des Versuchsdaches *ENSÖ* lagen unmittelbar nebeneinander, so daß es den Tieren durchaus möglich war, die unterschiedlichen Parzellen zu wechseln und sich ihren Präferenzbereich auszusuchen. Bei gleichen Randbedingungen (wie Umgebung, Alter, Flächengröße, Lage) lagen die Unterschiede der untersuchten Teilflächen nur in ihrem Schichtaufbau und deren Vegetationsform und somit in ihren Strukturen, Habitaten und kleinklimatischen Lebensraumbedingungen.

**Folgende Tendenzen und Thesen** lassen sich aus den Untersuchungs-Ergebnissen der Versuchsanlage *ENSÖ* für die Praxisobjekte ableiten:

1. Unterschiede Extensiv- und Intensivdach: Nicht nur hinsichtlich der Vegetationen, sondern auch in der Zusammensetzung der Faunen unterscheiden sich extensive und intensive Dachbegrünungen.
  - a. Dominanzstruktur: Bei Extensivbegrünungen stellen Spinnen und „Fluginsekten“ die häufigsten Tiergruppen, bei Intensivbegrünungen können dies auch Bodentiere, wie z.B. Schnecken, sein. Dies deutet bei Extensivbegrünungen auf einen temporären und bei Intensivbegrünungen auf einen dauerhaften Lebensraum hin.
  - b. Vorkommen von Makrosaprophagen: Bestandsabbauende Bodentiere sind vorrangig auf intensiv begrünten Dächern zu finden. Dabei ist nicht auszuschließen, daß diese Tiergruppen unter günstigen Voraussetzungen auch auf Extensivbegrünungen in geringerer Individuendichte auftreten.
  - c. Artenzahl der Makrosaprophagen: Die Artenzahlen der o.g. Bodentiergruppen sind bei Intensivbegrünungen (deutlich) höher als bei Extensivdächern.

2. Kiesdach: Aufgrund der relativen Häufigkeiten stehen extensive Dachbegrünungen den Kiesdächern näher als den intensiv begrünten Dächern.

**3. Charakteristika einer „jungen“ Dachbegrünung:**

- a. **Pionier-Tiergruppen:** Auf allen Dächern, unabhängig ob extensiv oder intensiv, sind relativ hohe Anteile an hochmobilen Tiergruppen (Spinnen, „Fluginsekten“, Käfer) zu verzeichnen.
- b. **Störanfälligkeit:** Die Störanfälligkeit, insbesondere gegenüber anthropogenen Einflüssen, ist bei jungen Dachbegrünungen relativ hoch.
- c. **Individuen- und Artenzahl:** In der Anfangsphase der Entwicklung von Dachbegrünungen sind, unabhängig von der Begrünungsart, relativ geringe Individuen- und Artenzahlen zu erwarten. Doch schon nach zwei bis drei Jahren sind deutlich höhere Artenzahlen möglich.

**4. Hochwertige Begrünungsform:** Extensiv-intensive Dachbegrünungen (Wildstauden-Gehölze-Vegetation) nehmen innerhalb der begrünten Dächer, hinsichtlich Pflanzen-, Struktur- und Faunenvielfalt, eine Sonderstellung ein.

**5. Dachbegrünung als dauerhafter Lebensraum:** Dächer mit höherem Substrataufbau und Gehölzpflanzungen bieten Lebensraumbedingungen, die auch ein längerfristiges Überleben der Fauna ermöglichen.

## 5.2.2 Erreichbarkeit von Gründächern und deren Neubesiedlung durch (Boden-) Tiere

Ob der neuentstandene Biotop Gründach von Tieren erobert und letztendlich dauerhaft besiedelt wird, hängt von mehreren Faktoren ab:

1. Mobilität, Dispersionsverhalten und ökologische Ansprüche der einzelnen Tierarten. HEIMBUCHER (1990) und JETSCHKE & FRÖBE (1994) betonen, daß der Ausbreitungsfähigkeit der Tiere eine wichtige Rolle zukommt. Isolierte Habitats werden unter den Laufkäfern normalerweise erst von flugfähigen, kulturbegünstigten und eurytopen „Generalisten“ besiedelt (BLAB 1985). Anspruchsvollere Arten treten nur dann auf, wenn in unmittelbarer Nähe potentiell geeignete Habitats vorhanden sind.

2. Entfernungen zwischen geeigneten Zielhabitats. Das Besiedlungspotential ist abhängig von der Entfernung eines Biotops gleichen Typs. Weiterhin bestimmt dieses Besiedlungspotential auch die weitere Entwicklung der Biotopneuanlage (BLAB 1985). Die Distanz zwischen gleichartigen Biotopen muß für die einzelnen Individuen zumindest gelegentlich überwindbar sein (BLAB 1992). Die Isolation einzelner Habitatsinseln stellt für MADER (1981) einen der Gründe für die Gefährdung von Tierpopulationen dar.

3. Geeignete Zielhabitats hinsichtlich abiotischer und biotischer Lebensraumbedingungen. Selbst winzige Habitatsinseln können größere Entfernungen zwischen Biotopen überbrücken, wenn sie die Fähigkeit besitzen, neugegründete Populationen zu stützen (RIEDMILLER 1994). TOPP (1988) stellte bei der Neubesiedlung einer jungen Nordseeinsel fest, daß für die erfolgreiche Besiedlung durch Laufkäfer deren Anpassungen an die abiotischen Lebensbedingungen entscheidend waren.

4. Größe und Reproduktionsfähigkeit der Gründerpopulationen. Nicht jeder Besiedlungsversuch ist erfolgreich, da meist nur eine kleine Zahl an Individuen das Zielhabitat erreicht und Umwelteinflüsse oder natürliche demographische Gegebenheiten zum Aussterben führen können (JETSCHKE & FRÖBE 1994). Einzelindividuen, die in einen neuen Biotop gelangen, können dort nur unter günstigen Umständen eine dauerhafte Population gründen (MADER 1991).

### Mögliche Besiedlungswege auf das begrünte Dach

Abhängig von den verschiedenen Tiergruppen und -arten der auf begrünten Dächern gefundenen Fauna gibt es verschiedene Arten der Besiedlung. Dabei ist es auch entscheidend, ob die Dachbegrünung eine ausreichende Attraktivität auf bestimmte Tierarten ausübt. So werden z.B. begrünte Dächer von Wildbienen nur dann zur Nahrungssuche angeflogen, wenn eine entsprechende Anzahl an Blüten vorhanden ist (RIEDMILLER 1994). BONN (1996) stellte fest, daß die Ergebnisse aus Fängen mit Fensterfallen nicht mit denen aus Bodenfallen hinsichtlich der erfaßten Laufkäferarten übereinstimmten, d.h., daß nicht alle über ein bewachsenes Dach fliegenden Käfer dieses auch besiedeln wollen.

Die bei allen Untersuchungen ermittelten hohen Individuenzahlen der mobilen Tiergruppen („Fluginsekten“, Käfer, Spinnen), sprechen dafür, daß die meisten Arten begrünte Dächer aktiv oder passiv über den Luftweg erreichen (MECKE 1996, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, ZIMMERMANN 1987 u.a.). Annähernd zwei Drittel aller Tiere, die auf der Versuchsanlage ENSÖ erfaßt wurden, stammten aus diesen vagilen Tiergruppen (Tab. 12). Bei den meisten Untersuchungen wurde angenommen, daß der Biotop Gründach jährlich neu von unspezialisierten, expansiven Arten besiedelt wird (HIRSCHFELDER 1991, RIEDMILLER

1991, MECKE 1996, BONN 1996, KÖHLER 1993). RIEDMILLER (1994) stellte bei über drei Jahre andauernden Beobachtungen auf einer neu angelegten Extensivbegrünung fast ausschließlich Taxa mit mobilen und euryöken Arten fest. Im Vergleich zum ebenerdigen Bodenstandort sind auf Dächern mehr mobile und nur sehr wenig schwach mobile Arten zu finden (MÜLLER 1988). Nach HEIMBUCHER (1990) verbreiten sich Laufkäfer aktiv laufend oder fliegend und passiv über Windverdriftung bzw. Verfrachtung durch Bodenmaterial in der Stadt.

Die möglichen Wege und Strategien der Besiedlung begrünter Dächer werden im Folgenden in drei Gruppen eingeteilt und anhand der Ergebnisse aus der Untersuchung der Versuchsanlage ENSÖ und anderen entsprechenden Untersuchungen erläutert.

1. Aktive Besiedlung. Angesichts der exponierten, hohen und isolierten Lage der meisten Dachbegrünungen sind aktive Wanderbewegungen vom Boden aus, insbesondere von Regenwürmern, Tausendfüßern u.ä., sehr unwahrscheinlich (KLIMM 1985, MÜLLER 1988). Ein weiteres Argument ist die Feststellung, daß das Artenspektrum der über Fassadenfallen gefangenen Tiere größtenteils nicht mit der Fauna des Daches übereinstimmt (BONN 1996). Dennoch können Gastropoden bis zu 15 m hoch an Bäumen emporklettern, um bodennahen Wärmeschichten zu entgehen (CORSMANN 1990).

Für eine aktiv-fliegende Besiedlung begrünter Dachflächen durch Laufkäfer sprechen folgende Beobachtungen: Bei den faunistischen Untersuchungen von Dachbegrünungen zeigte sich das dominante Vorkommen von flugfähigen, euryöken, kleinen Arten (JOGER & VOWINKEL 1992, MANN 1994, ACHEL 1991, BONN 1996, HIRSCHFELDER 1991, DARIUS & DREPPER 1983, KLAUSNITZER 1980 und 1988). Bei allen angeführten Untersuchungen konnten keine brachypteren Laufkäferarten festgestellt werden. Der Anteil der makropteren Arten war im Vergleich zum Bodenstandort erhöht, und selbst die erfaßten dimorphen Käfer waren makropter (ACHEL 1991, BONN 1991, HIRSCHFELDER 1991). TOPP (1989) stellte fest, daß im Stadtpark Bayreuth die Zahl der brachypteren Carabidenarten in Richtung Zentrum abnahm und THIELE (1977) beschrieb, daß in Primärbiotopen mehr makroptere Arten vorkommen als in länger existierenden Populationen. Gleichzeitig traten auf dem Dach im allgemeinen kleinere Käferarten auf als auf bodenständigen Vergleichsstandorten (MÜLLER 1988, ACHEL 1991). Der überwiegende Anteil der Carabiden hatte Größen von maximal 6 mm (HIRSCHFELDER 1991, ACHEL 1991) bis 8 mm (MANN 1994, BONN 1996). Als größte Individuen wurden Arten der Gattungen *Amara* und *Harpalus* (8-11 mm, HIRSCHFELDER 1991, MANN 1994) und *Pterostichus niger* (20 mm, ACHEL 1991) angegeben. Die großen Arten, wie z.B. Arten aus der Gattung *Carabus*, konnten auf keinem Dach festgestellt werden. Nach TOPP (1988) müssen für die Ausbreitung der Laufkäfer fördernde Witterungsbedingungen herrschen, damit auch die Überwindung größerer Entfernungen möglich ist. Er wies dies bei einer neu entstandenen Nordseeinsel nach, die 50% der Arten des Festlands beherbergte. Das übermächtige Vorkommen von eurypteren Insekten auf isolierten Inselhabitaten begründete JOHNSON (1969) damit, daß die Flugaktivität der stenöken Arten auf einen engen Bereich um das Stammhabitat begrenzt ist.

Auf allen Dächern konnte eine große Zahl an Diptera und Apoidea beobachtet werden. Bei der Nahrungssuche konnten auf den Dächern in Böblingen 49 Wildbienenarten (MANN 1994), in Heidelberg 52 Arten (RIEDMILLER 1994), in Hamburg 13 Arten (MECKE 1996) und in Göttingen 32 Arten (JOGER & VOWINKEL 1992) nachgewiesen werden. Dabei können teilweise erstaunliche Strecken zurückgelegt werden: Honigbienen (*Apis mellifera*) fliegen zwei (SAKAGAMI et al. 1980) bis 14 km (EICKWORT & GINSBERG 1980) weit und für *Andrena*-Arten sind Flugweiten von bis zu 800 m bekannt (CHAMBERS 1968). Auf der Versuchsanlage ENSÖ waren 2/3 aller gefangenen Tiere hochmobilen Taxa zuzuordnen.

Durch Entwicklung und Populationsdynamik bedingt, breiten sich bestimmte Tiergruppen (u.a. Ameisen, Heuschrecken, Blattläuse) in Form von Schwärmflügen aus (KÖHLER 1993, MANN 1994, MECKE 1996). RIEDMILLER (1991) fand unmittelbar nach der Neuanlage eines Gründaches eine Arbeiterin von *Lasius niger* und konnte später nur noch geflügelte Königinnen auf der Suche nach geeigneten Nistmöglichkeiten beobachten. Bei vielen, auch bei den jüngeren begrünter extensiver Dachflächen wurden Heuschrecken erfaßt (MANN 1994, DARIUS & DREPPER 1983, ZIMMERMANN 1987, BONN 1996, MECKE 1996). Zum größten Teil bestand die Heuschreckenfauna aus eurytopen, eher xerophilen Offenlandarten der Gattung *Chorthippus* (*Ch. brunneus*, *Ch. biguttulus*), wie sie auch auf der Versuchsanlage ENSÖ nachzuweisen waren. Nach DETZEL (1992) ist die Ausbreitungstendenz besonders bei *Chorthippus brunneus* ausgeprägt, so daß neuentstandene anthropogene Biotope schnell besiedelt werden.

2. Passiver Transport durch die Luft. Eine überaus wichtige Rolle in der Besiedlung von Dächern spielt die zufällige Verbreitung mit dem Wind. Dabei werden vor allem Klein- und Kleinsttiere von Wind und Thermik, die insbesondere um die durch die Sonne erwärmten Gebäude entstehen (EVERS 1977), angesaugt und verweht (KLAUSNITZER 1993). Sogenanntes „Luftplankton“ (kleine Spinnen, Milben und Springschwänze) kann noch in Luftschichten von mehreren hundert Metern über dem Erdboden beobachtet werden (GLICK 1939).

Diese Art des Lufttransportes kann bei einzelnen Arten, vor allem bei Spinnen, durchaus ein beabsichtigter Vorgang sein. Viele Jungspinnen erreichen neue Biotope durch aeronautische Verdriftung mittels Fadenfloß (u.a. DUFFEY 1956, RICHTER 1970). Dabei spielen Faktoren wie Witterung und Populationsdichte eine wichtige Rolle (RICHTER 1970, BISHOP & RIECHERT 1990, WEYMAN et al. 1994). Kleine Spinnen, z.B. aus der Familie der Linyphiidae, machen auch noch als adulte Tiere von dieser Verbreitungsart Gebrauch (u.a. DUFFEY 1956, RICHTER 1970). Die auf den begrünter Dächern erfaßten Araneen waren zum größten Teil Linyphiidae (ACHTEL 1991, RIEDMILLER 1991, BONN 1996, JOGER & VOWINKEL 1992). Alle weiteren gefangenen Arten wurden als aeronautisch aktive Arten beschrieben (RIEDMILLER 1994, BONN 1996). VISSE & VAN WINGERDEN (1982) stellten bei Fängen über den Dächern von Den Haag einen Anteil von fast 84 % Linyphiidae an allen erfaßten 314 driftenden Individuen fest. Diese Art und Weise der Verbreitung erklärt die rasche Besiedlung urbaner Habitats und dies teilweise mit hoher Artenvielfalt (KLAUSNITZER 1993). KLAUSNITZER (1993), BONN (1996) und JOGER & VOWINKEL (1992) ordnen die Spinnen den r-Strategen zu, die durch ihre Fähigkeiten zur raschen Besiedlung, schnellen Entwicklung und hohen Reproduktionsfähigkeit gekennzeichnet sind (BICK 1993).

Auch bei den Araneen fallen, wie bei den Carabiden, die geringen Körpergrößen der Arten auf. Die meisten Tiere waren 1,5 bis 3 mm groß (RIEDMILLER 1994, JOGER & VOWINKEL 1992). JOGER & VOWINKEL (1992) fanden keine Arten mit einer Größe über 8 mm. Araneen mit diesen geringen Größen wurden fast ausschließlich auf einfachen Extensivbegrünungen festgestellt, dagegen konnten auf der struktureicheren Versuchsanlage ENSÖ mit der Wespenspinne (*Argiope bruennichi*) und der Vierfleck-Kreuzspinne (*Araneus quadratus*) etwa doppelt so große Arten (15 mm) beobachtet werden.

3. Passiver Transport durch Vektoren. Die meisten angesprochenen Taxa, insbesondere die weniger vagilen Bodentiergruppen, können auch über tierische (Epizoochorie, z.B. Vögel; FRÜND 1996, BONN 1996) und menschliche Vektoren (Substrat, Pflanzen) auf das Dach gebracht werden. BRANDES (1951) berichtete von einem Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), das mehrere Gehäuseschnecken (*Vitrina pellucida*) in seinem Gefieder trug. Und REES (1965) diskutierte ausführlich die verschiedenen Möglichkeiten wie sich Schnecken über den

Luftweg ausbreiten können und führte Transporthilfsmittel wie Stürme, Vögel und sogar Insekten an. Nahezu ein Drittel der auf *ENSÖ* mittels Barberfallen erfaßten Tiere waren Bodentiere (Lumbricidae, Gastropoda). Vergleicht man die Artenlisten der Gastropoden und Lumbriciden der Versuchsanlage *ENSÖ* mit der unmittelbaren Umgebung der Versuchsanlage und der des Pflanzenlieferanten „Egenolf“, ist Folgendes festzustellen:

- Bis auf die Gehäuseschnecke *Vallonia pulchella* konnten bei der Gärtnerei alle Gastropodenarten gefunden werden, die auch auf der Versuchsanlage *ENSÖ* ermittelt wurden.
- Bei den Lumbriciden verhält es sich ähnlich wie bei den Gastropoden: Alle auf der Versuchsanlage *ENSÖ* erfaßten Arten konnten in der Gärtnerei „Egenolf“ nachgewiesen werden.
- Die seltene Gehäuseschnecke *Trichia sericea* konnte nur auf der Versuchsanlage *ENSÖ* und in der Gärtnerei „Egenolf“ beobachtet werden.
- Die Schneckenfauna in der Umgebung der Versuchsanlage stimmte nur bei drei Arten mit der Population auf der Versuchsanlage überein.
- Bereits bei der Anlieferung des Pflanzenmaterials im Mai 1995 konnten zahlreiche Regenwürmer, Nackt- und Gehäuseschnecken an den Ballen der Pflanzen entdeckt werden.

Diese Sachverhalte legen den Schluß nahe, daß zumindest die Bodenmakrofauna über die Pflanzen auf das Versuchsdach *ENSÖ* gelangt ist. Auch HIRSCHFELDER (1991), RIEDMILLER (1991), MANN (1994), BONN (1996) und FRÜND (1996) gehen von einer möglichen „Initialbesiedlung“ durch Pflanzen und Dachbegrünungssubstrat aus. RIEDMILLER (1991) konnte die Asselart *Armadillidium nasatum* sowohl auf dem neu angelegten Gründach als auch an den gelieferten Pflanzballen und in der Gärtnerei nachweisen. Er ging auch bei der Käferart *Antericus c.f. antherinus* von einer Verschleppung durch aufgebrauchten Kompost aus. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnten auch bei Praxisobjekten, die mit Saatgut und *Sedum*-Sprossen begrünt wurden (u.a. *SHSi*, *KSK BB*, *FA BB*, *SWE1*, *STP1*, *STP2*, *UUM*, *KiGaK*), Regenwürmer und Schnecken festgestellt werden. Damit erscheint eine Aufbringung mit dem Substrat bzw. eine Übertragung durch Vögel möglich. MECKE (1996) konnte auf einer intensiven Dachbegrünung eine hohe Individuenzahl der flugunfähigen Rüsselkäferart *Otiorhynchus spec.* nachweisen und führte dies auf die Einschleppung durch die Pflanzen zurück. FRÜND et al. (1990) und KACHE & ZUCCHI (1993) stellten bei der Besiedlung von innerstädtischen (Kleinst-) Grünflächen durch Bodentiere die Verbreitung durch das eingebrachte Boden- und Pflanzenmaterial in den Vordergrund. Für eine ganze Reihe von Diplopodenarten sind solche Verschleppungen, sogar bis in die USA, belegt (CRABILL 1955, CHAMBERLIN & HOFFMAN 1957, SHELLEY 1990). BREUNING (mündl. Mitteilung) schilderte sogar den Fall, daß beim „Ausblasen“ von Substrat auf das Dach eine Erdkröte (*Bufo bufo*) lebend hochbefördert wurde.

### **Besiedlungshilfen in Form von Fassadenbegrünungen und Bodenanschlüssen**

Viele Autoren empfehlen, begrünte Dächer durch Fassadenbegrünungen oder direkte Bodenanschlüsse mit dem gewachsenen Boden zu verbinden, um der Fauna die Besiedlung zu erleichtern (KRÜGER 1983, MÜLLER 1988, RIEDMILLER 1991, ACHEL 1991). BONN (1996) hat einen natürlichen und einen experimentellen Bodenanschluß untersucht und die Ergebnisse mit dem Artenspektrum der Gründächer verglichen. Dabei wurden zwar einige flügellose Individuen dimorpher Carabiden-Arten gefunden, die sehr wahrscheinlich die Besiedlungshilfe benutzt hatten, jedoch sind stark unterschiedliche Carabidenzönosen festgestellt worden. Es stellte sich zudem, parallel zu der veränderten Vegetation, ein Gradient vom Boden und den unteren Dacharealen zu den obersten Dachbereichen ein. Die Spinnenfauna nutzte die Verbindungen zum Boden noch weniger, jedoch nahmen verschiedene Bodentiere (Isopoda, Chilopoda, Opiliones) die Besiedlungshilfe an. BISHOP & RIECHERT (1990)

stellten fest, daß eine Besiedlung durch Spinnen auch bei möglichem ebenerdigen Anschluß vorwiegend fliegend erfolgt und dabei große Distanzen, die über die direkt angrenzenden Flächen hinausgehen, zurückgelegt werden. Daß Bodenanschlüsse nicht unbedingt die Artenvielfalt auf begrünten Dächern erhöhen, zeigten auch die Untersuchungen von ACHTEL (1991) und MÜLLER (1988), bei denen teilweise Mutterboden auf dem Dach ausgebracht wurde. Der Vergleich Dach- mit dem entsprechenden Bodenstandort ergab, daß sich zum einen auf dem Dach weniger Arten befanden sowie die Anzahl der spontan auftretenden Taxa deutlich höher lag und zum anderen unterschiedliche Zönosen vorzufinden waren. RIEDMILLER (1994) beobachtete, daß die Fauna, die sich nach drei Jahren eingestellt hatte, deutlich von dem zu Anfang eingeschleppten Artenspektrum unterschied. Dachbegrünungen beherbergen hinsichtlich der Spinnenfauna etwa nur ein Fünftel der Artenzahlen größerer, naturnaher Lebensräume (KÖHLER 1993), und viele Arten der sonst üblichen Stadtfauna sind nicht bzw. selten zu beobachten (MECKE 1996). KLAUSNITZER & RICHTER (1980) konnten dagegen für die Laufkäferfauna eine große Ähnlichkeit zwischen den Lebensgemeinschaften auf Dächern und den benachbarten Parks nachweisen.

Für begrünte Fassaden gilt Ähnliches wie für Bodenanschlüsse: Die vorgefundenen Arten- und Individuenverteilungen der Fassadenbegrünungen unterschieden sich erheblich von denen der Gründächer (BONN 1996, JOGER 1988, KÖHLER 1988, HAGEDORN & ZUCCHI 1989). Nach BONN (1996) sind die Lebensräume Dach und Fassade in ihrer Raumstruktur zu unterschiedlich, als daß sie Tierarten mit gleichen autökologischen Ansprüchen gleichermaßen dienen können. Für viele synanthrope und hypergäisch nistende Grabwespen vermuteten JOGER & VOWINKEL (1992), daß ein Großteil von ihnen an vertikalen Gebäudestrukturen brüteten und die benachbarten Dachbegrünungen zur Nahrungssuche aufsuchten.

In gestalterischer (u.a. KRÜGER 1983) und ökologisch-aufwertender Hinsicht (u.a. BARTFELDER & KÖHLER 1987) sind Fassadenbegrünungen und begrünte Erdwälle als Verbindung zwischen Bodenstandort und Dachbegrünung zu befürworten.

## 6. Praxisobjekte: Ergebnisse und Diskussion

### 6.1 Ergebnisse

#### 6.1.1 Auswertung der Fänge mit Barberfallen

##### 6.1.1.1 Dominanzverhältnisse der Tiergruppen

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 17 Dachbegrünungen mit Barberfallen untersucht (Tab. 7). Das Dach *Heu*, das im Juli 1995 mit vier Barberfallen bestückt wurde, kann zum Vergleich der Dominanzen nicht herangezogen werden. Die Fallen waren nur vier Wochen geöffnet und randvoll mit Asseln gefüllt, so daß ein genaues Auszählen der gefangenen Tiere nicht möglich war. Da insgesamt nur drei extensive Dachbegrünungen, denen unterschiedliche Vegetationsformen zugeordnet waren, mit Barberfallen untersucht wurden, sind diese unter der Überschrift „extensive Begrünungsformen“ zusammengefaßt. Die Einteilung der anderen 14 Dächer erfolgte wie in Kapitel 2.5.1 (Tab. 5) beschrieben.

Insgesamt wurden durch die aufgestellten Fallen 55.692 gefangene Tiere registriert. Da nicht auf allen 17 Dächern die gleiche Anzahl an Barberfallen und die gleiche Fangdauer gewählt werden konnte, ist ein direkter statistischer Vergleich der Aktivitätsdichten nicht zulässig. Die Aktivitätsdichten sind für alle Dächer im Anhang aufgeführt.

Bei der Betrachtung der vorkommenden Tiergruppen fallen zwei Punkte besonders auf: Einerseits sind bei den extensiven Begrünungsformen die Bodentiergruppen Lumbricidae, Gastropoda, Isopoda und Diplopoda nicht nachzuweisen, andererseits fehlt bei den intensiven Begrünungen die Gruppe der Saltatoria (Ausnahme *Musi*). Beachtenswert ist das starke Vorkommen von Asseln bei *HPint*, *HPexin* und *Musi*. Auch bei *Heu* konnten innerhalb der vier Wochen mit vier Barberfallen etwa 9000 Individuen gefangen werden.

Welche Bodentierarten im Einzelnen erfaßt wurden, wird in Kapitel 6.1.2 dargestellt.

Die Auflistung der einzelnen Tiergruppen nach ihren Dominanzen (relative Häufigkeiten, Tab. 19) gibt die Tendenzen innerhalb der Begrünungsarten wieder:

- Auf den extensiv begrüneten Dächern dominierten deutlich Araneae, gefolgt von „Fluginsekten“ und Coleoptera.
- Bei den durch Anhögelungen ergänzten extensiven Begrünungsformen kamen zu den immer noch stark vertretenen Araneae Formicoidea, Gastropoda und Coleoptera dazu.
- Die Dominanzverhältnisse der extensiv-intensiv Begrünungen zeigten bei allen sechs untersuchten Dächern ein hohes Aufkommen an Gastropoden, wobei die jüngeren Objekte (*Ra*, *ENSÖ*, *Laraint*) hohe Anteile an Araneae aufwiesen.
- Bei den intensiven Begrünungsformen traten überall Formicoidea mit der größten bzw. zweitgrößten relativen Häufigkeit auf. Bei zwei der vier Dächer (*HPint*, *Musi*) konnten weiterhin Isopoden als eudominante Tiergruppe ermittelt werden.

Tab. 19: Dominanzstrukturen der erfaßten Tiergruppen der Praxisobjekte (dominante und eudominante Tiergruppen sind grau unterlegt)

<b>Extensive Begrünungsformen</b> ( <i>Moos-Sedum, Sedum-Gras-Kraut, Gras-Kraut</i> )					
<i>Ba</i>		<i>MK</i>		<i>KiGaK</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Spinnen	65,5	Spinnen	40,0	Spinnen	57,9
Fluginsekten	9,5	Fluginsekten	14,7	Käfer	16,2
Zikaden	7,7	Käfer	14,7	Larven	13,1
Käfer	7,0	Heuschrecken	9,3	Fluginsekten	5,8
Wanzen	6,9	Larven	6,2	Ameisen	4,4
Larven	2,0	Wanzen	6,0	Zikaden	2,2
Ameisen	0,8	Ameisen	5,0	Wanzen	0,5
Hundertfüßer	0,5	Zikaden	4,0		
		Hundertfüßer	0,08		

<b>Extensive Begrünungsformen mit Anhögelung</b> ( <i>Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden</i> )					
<i>KH</i>		<i>GRH</i>		<i>EZS</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Ameisen	50,5	Schnecken	44,1	Spinnen	37,5
Zikaden	12,9	Ameisen	25,1	Asseln	23,0
Spinnen	12,9	Fluginsekten	19,9	Käfer	11,9
Käfer	11,1	Spinnen	3,3	Ameisen	8,0
Fluginsekten	8,0	Käfer	2,3	Tausendfüßer	4,9
Wanzen	2,7	Larven	1,8	Zikaden	3,5
Schnecken	1,6	Zikaden	1,2	Fluginsekten	3,1
Larven	0,7	Regenwürmer	0,9	Larven	2,7
Heuschrecken	0,05	Tausendfüßer	0,7	Heuschrecken	2,5
		Wanzen	0,5	Schnecken	2,1
				Regenwürmer	0,6
				Wanzen	0,08
<i>EZS3</i>					
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]				
Spinnen	38,5				
Schnecken	15,8				
Käfer	15,7				
Asseln	11,4				
Larven	5,6				
Ameisen	5,0				
Zikaden	3,0				
Heuschrecken	1,7				
Fluginsekten	1,5				
Wanzen	0,9				
Hundertfüßer	0,6				
Regenwürmer	0,3				

### Extensiv-intensive Begrünungsformen

(Wildstauden-Gehölze)

<i>HPexin</i>		<i>KiGa</i>		<i>Laraex</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Asseln	46,9	Zikaden	32,4	Ameisen	33,2
Schnecken	14,6	Schnecken	26,1	Schnecken	27,2
Fluginsekten	9,4	Käfer	15,2	Käfer	12,7
Käfer	7,0	Spinnen	9,1	Fluginsekten	9,2
Spinnen	6,1	Ameisen	6,8	Spinnen	8,5
Ameisen	5,0	Fluginsekten	4,5	Wanzen	5,8
Larven	4,0	Larven	3,9	Larven	1,5
Zikaden	3,8	Asseln	1,5	Tausendfüßer	0,9
Tausendfüßer	1,8	Regenwürmer	1,2	Zikaden	0,6
Wanzen	0,8	Wanzen	0,8	Regenwürmer	0,3
Regenwürmer	0,5	Tausendfüßer	0,5	Asseln	0,06
Heuschrecken	0,1	Heuschrecken	0,1	Heuschrecken	0,06
<i>Ra</i>		<i>ENSÖ</i>		<i>Laraint</i>	
Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]	Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Schnecken	37,3	Spinnen	29,6	Schnecken	66,4
Käfer	18,1	Schnecken	28,4	Spinnen	11,2
Spinnen	17,1	Fluginsekten	16,3	Käfer	5,9
Larven	6,1	Käfer	9,0	Tausendfüßer	4,2
Fluginsekten	5,0	Regenwürmer	4,1	Fluginsekten	3,9
Zikaden	5,0	Ameisen	3,8	Ameisen	3,0
Wanzen	4,2	Zikaden	3,0	Larven	2,8
Ameisen	3,6	Hundertfüßer	2,4	Wanzen	1,8
Hundertfüßer	2,5	Ohrwürmer	1,3	Regenwürmer	0,5
Heuschrecken	0,8	Larven	1,2	Asseln	0,4
Regenwürmer	0,3	Wanzen	0,7	Zikaden	0,04
Asseln	0,05	Asseln	0,08		
		Heuschrecken	0,08		

**Intensive Begrünungsformen***(Hohe Stauden und Sträucher)**HPint*

Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Asseln	79,0
Ameisen	9,1
Käfer	4,5
Wanzen	1,8
Fluginsekten	1,5
Spinnen	1,4
Ohrwürmer	1,4
Zikaden	0,5
Tausendfüßer	0,3
Schnecken	0,3
Larven	0,04
Regenwürmer	0,03

*HPing*

Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Ameisen	78,6
Fluginsekten	6,2
Spinnen	4,7
Käfer	3,4
Schnecken	3,3
Tausendfüßer	2,9
Wanzen	0,4
Zikaden	0,3
Regenwürmer	0,1
Larven	0,1

*Musi*

Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Ameisen	36,2
Asseln	34,2
Fluginsekten	7,8
Spinnen	7,3
Schnecken	5,1
Tausendfüßer	4,5
Käfer	3,2
Zikaden	0,8
Wanzen	0,6
Larven	0,2
Heuschrecken	0,1
Regenwürmer	0,03

*SZH*

Tiergruppe	rel. Häufigkeit [%]
Ameisen	66,9
Zikaden	8,6
Spinnen	8,2
Fluginsekten	6,8
Käfer	6,0
Schnecken	2,2
Asseln	0,4
Wanzen	0,4
Regenwürmer	0,2
Larven	0,2

### 6.1.1.2 Phänologie ausgewählter Tiergruppen

Das Vorkommen bodenbildender Tiergruppen ist nach DUNGER & FIEDLER (1989) und KLIMM (1985) u.a. von der Jahreszeit abhängig. Um zu beurteilen, ob in bestimmten Monaten im Jahresverlauf eine größere Häufigkeit festgestellt werden kann, wurden die Phänologien der Bodentiergruppen Lumbricidae, Gastropoda (unterteilt in Gehäuse- und Nacktschnecken), Isopoda und Diplopoda auf sieben Dächern aus den Ergebnissen der Barberfallen ermittelt. Dabei wurden vier extensiv-intensiv (Wildstauden-Gehölze) und drei intensiv begrünte Dächer (Hohe Stauden und Sträucher) miteinander verglichen.

Die Darstellung der Phänologie (Abb. 15-19) zeigt, daß über die Aktivitätsspitze einer Tiergruppe keine genaue Aussage möglich ist, da sie über das ganze Jahr verteilt auftreten kann. Es liegt der Schluß nahe, daß die angesprochenen Tiergruppen nicht nur in bestimmten Monaten vermehrt auftreten. Innerhalb einer Gruppe ist dies jedoch bei bestimmten Arten durchaus möglich. Das jahreszeitliche Verhalten bzw. die jahreszeitliche Aktivitätsdichte einzelner Arten konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht ermittelt werden.

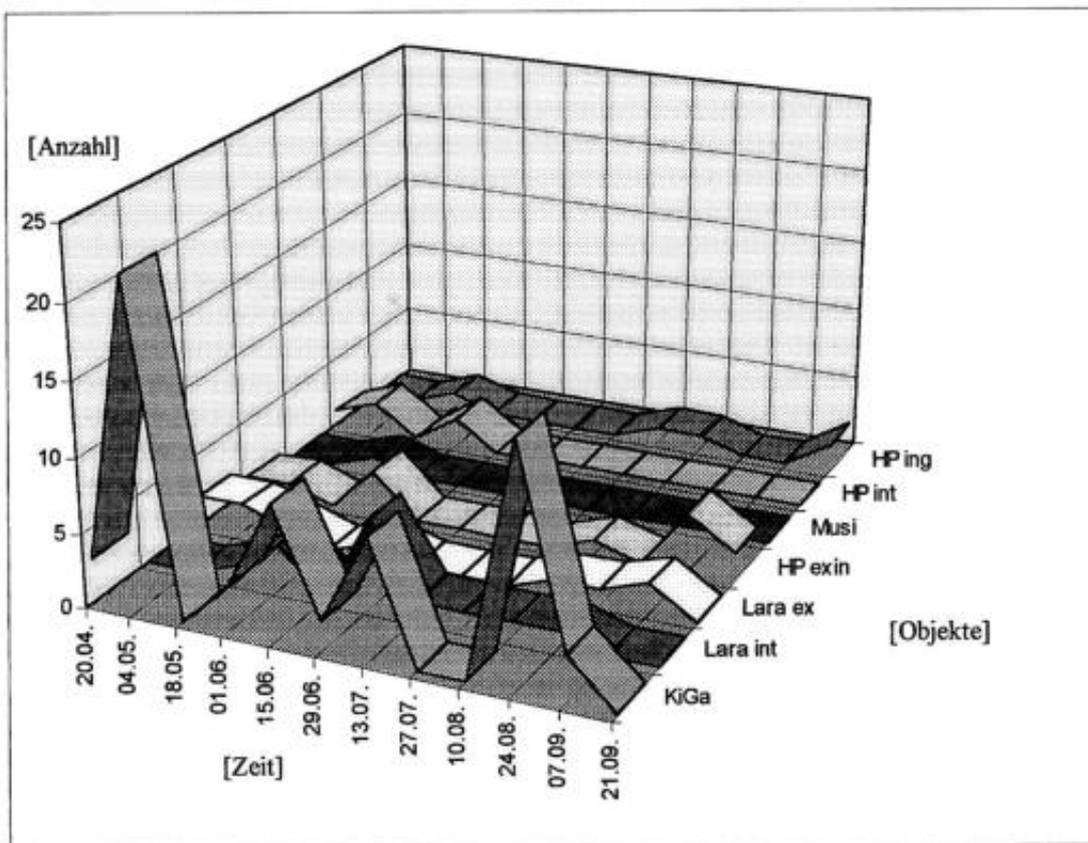


Abb. 15: Phänologie der Lumbricidae bei ausgewählten Gründächern

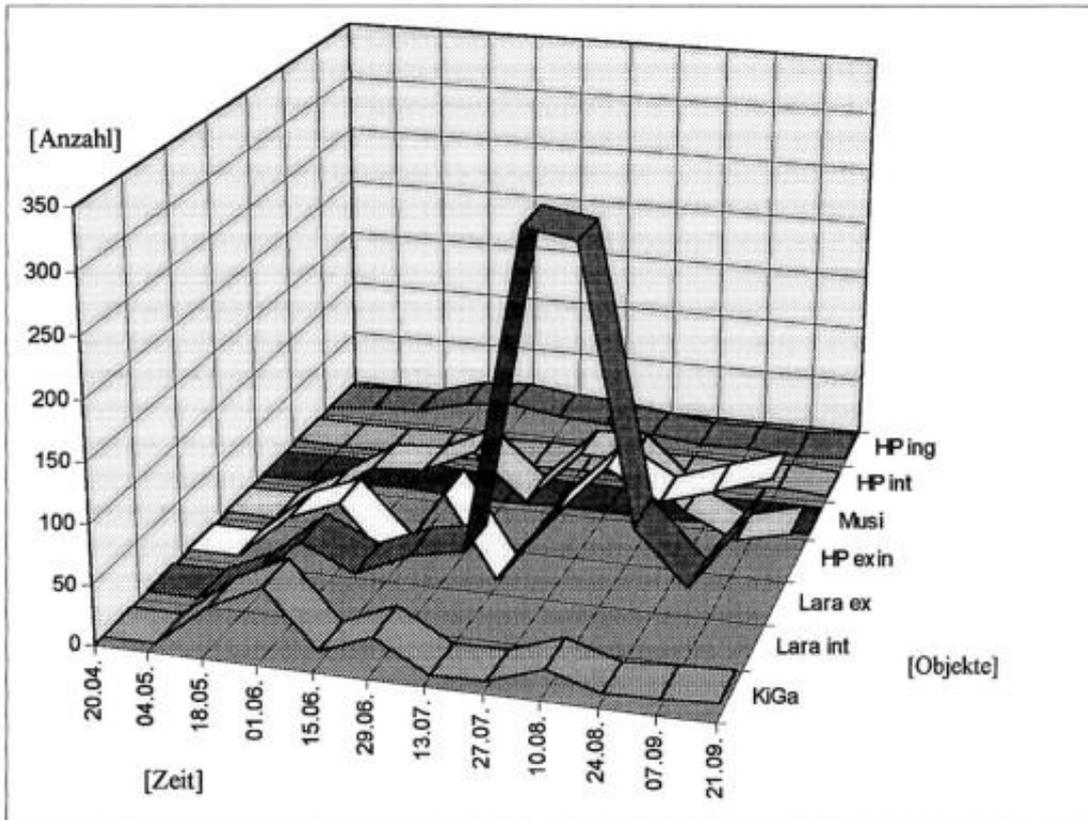


Abb. 16: Phänologie der Gastropoda (Gehäuseschnecken) bei ausgewählten Gründächern

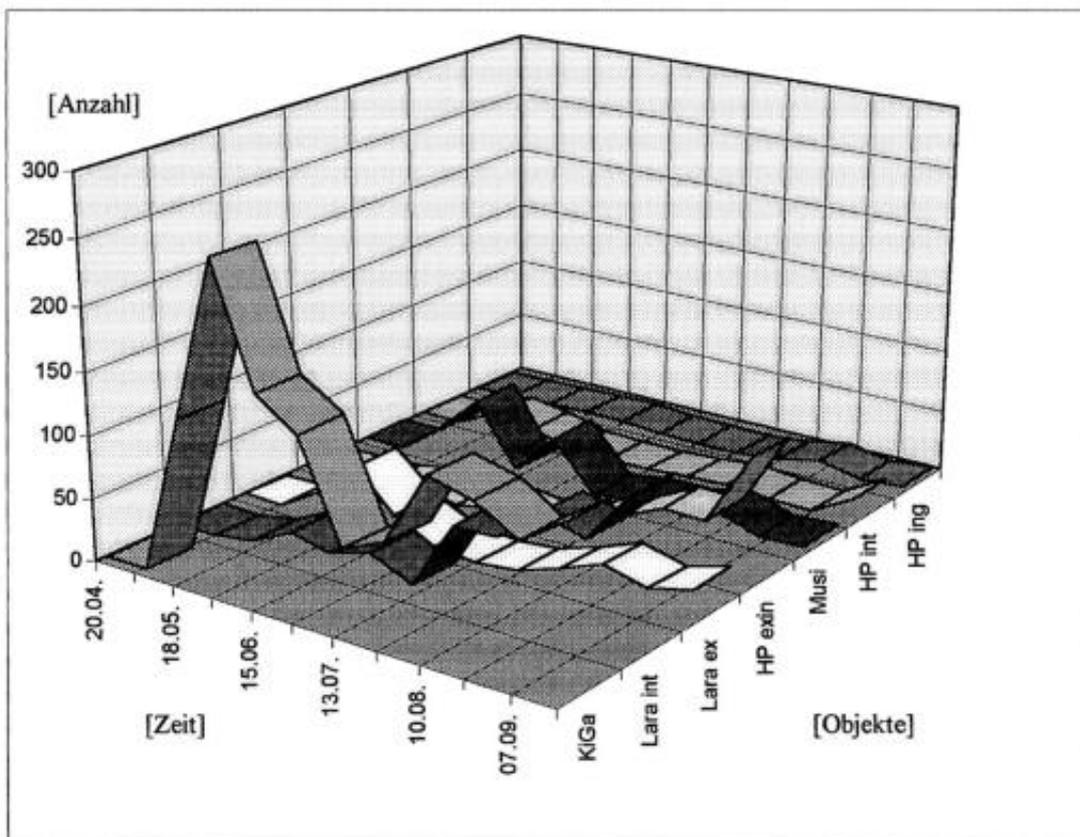


Abb. 17: Phänologie der Gastropoda (Nacktschnecken) bei ausgewählten Gründächern

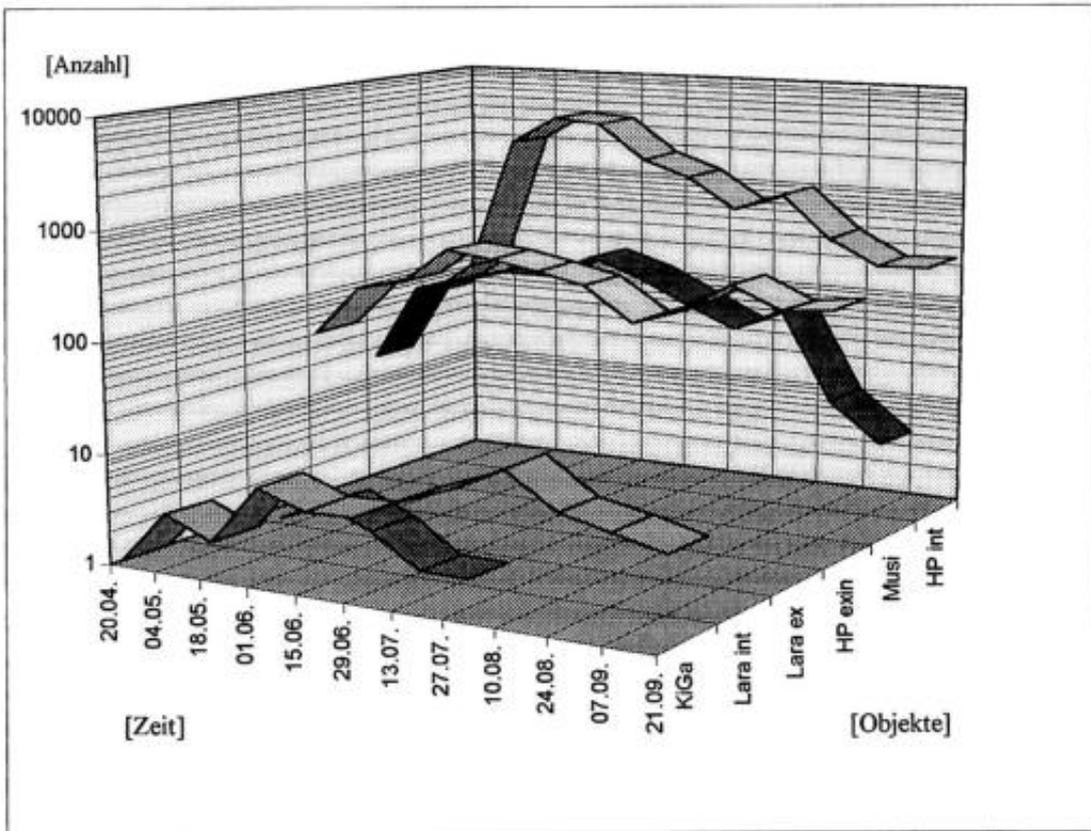


Abb. 18: Phänologie der Isopoda bei ausgewählten Gründächern

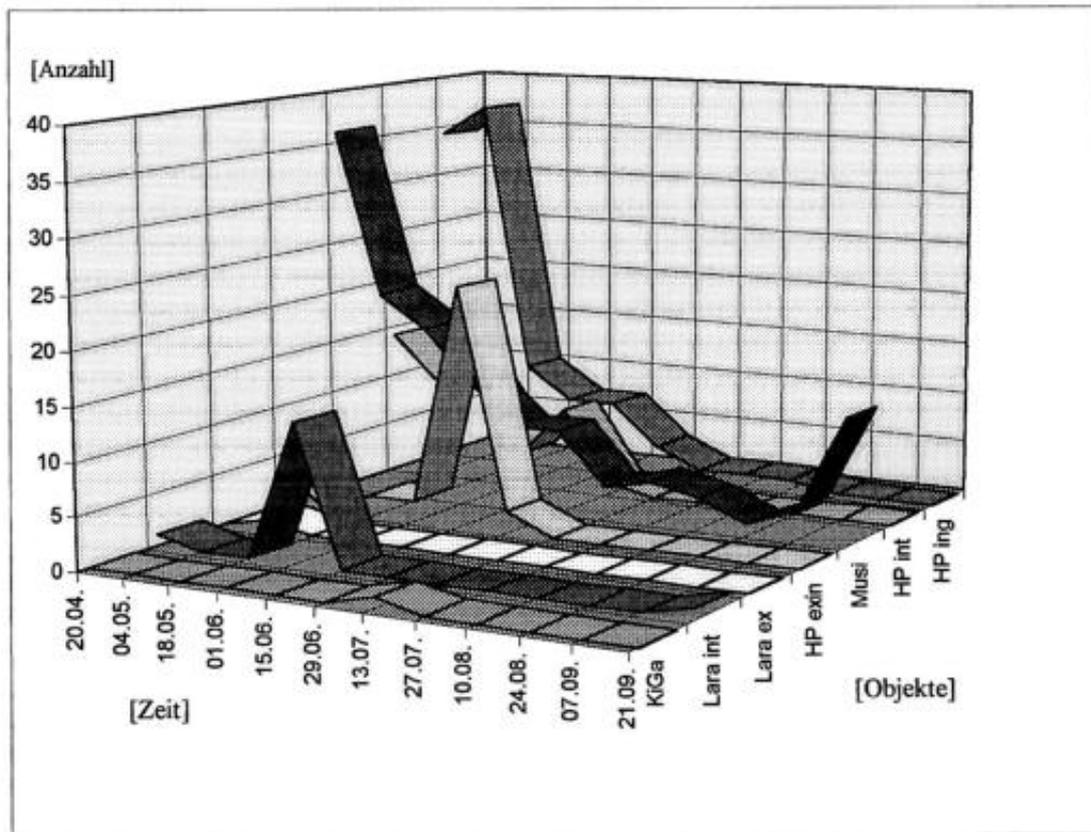


Abb. 19: Phänologie der Diplopoda bei ausgewählten Gründächern

### 6.1.1.3 Auswertung von Fallen unterschiedlicher Standorte

Anhand vier ausgewählter Dachbegrünungen (*KH*, *HPexin*, *Laraex*, *Musi*) wird im Folgenden dargestellt, wie sich die Fangergebnisse der Barberfallen in Abhängigkeit vom Standort unterscheiden.

Es zeigt sich, daß der Großteil der Bodentiere einerseits im Gebüsch bzw. in Strauchnähe vorkommt und andererseits auch niederwüchsigeren Bereiche bevorzugt, in denen sich (bedingt durch die Dachgeometrie) Wasser sammelt und das Substrat feuchter ist.

Tab. 20: Auswertung unterschiedlicher Bodenfallen-Standorte (Aktivitätsdichte pro Falle)

#### *Musi*

Fallen:	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
Fallenstandort	1	2	3	3

Regenwürmer	0	0	0	1
Gehäuseschnecken	1	2	3	1
Nacktschnecken	0	0	1	183
Asseln	13	33	243	982
Doppelfüßer	2	8	6	111

#### *Laraex*

Fallen:	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
Fallenstandort	1-2	1-2	2	1

Regenwürmer	2	1	2	5
Gehäuseschnecken	103	268	248	51
Nacktschnecken	44	92	7	35
Asseln	1	1	0	0
Doppelfüßer	0	0	1	0

#### *HPexin*

Fallen:	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
Fallenstandort	1	2	1-2	2

Regenwürmer	1	5	3	3
Gehäuseschnecken	258	40	210	23
Nacktschnecken	125	40	50	45
Asseln	658	600	370	686
Doppelfüßer	2	3	0	9

#### *KH*

Fallen:	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
Fallenstandort	1	1	2	1

Gehäuseschnecken	4	4	24	1
------------------	---	---	----	---

Fallenstandort: 1= niederwüchsige Vegetation, 2=Einzelsträucher bzw. zwischen 1 und 3, 3=Gebüsch

### 6.1.2 Auswertung der Fänge mit Barberfallen und der Punkt-Bestandsaufnahmen hinsichtlich Bodentiergruppen

In Tab. 21 werden die Ergebnisse der Fänge mit Barberfallen und der Punkt-Bestandsaufnahmen aller untersuchten und gewerteten Dachbegrünungen hinsichtlich der Bodentiergruppen aufgeführt. Dabei werden die Artenzahlen pro Dach und Tiergruppe der einzelnen Dächer angegeben. Tab. 22-25 geben das Vorkommen und die Verteilung der einzelnen Arten auf den Dächern wieder.

Betrachtet man zunächst die Anzahl der erfaßten Arten für jede Vegetationsform, so ergeben sich folgende Durchschnittswerte (in Klammern werden die Dächer mit den höchsten Artenzahlen genannt):

<u>Moos-Sedum:</u> (Standardabweichung: 0,58)	0,24 Arten	( <i>Dresex, SWLBex3</i> : 2 Arten)
<u>Sedum-Gras-Kraut:</u> (Standardabweichung: 1,80)	0,89 Arten	( <i>STPI</i> : 7 Arten)
<u>Gras-Kraut:</u> (Standardabweichung: 1,32)	1,21 Arten	( <i>GymLeoo</i> : 4 Arten)
<u>Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden:</u> (Standardabweichung: 3,18)	4,35 Arten	( <i>EZS</i> : 12 Arten)
<u>Wildstauden-Gehölze:</u> (Standardabweichung: 2,66)	7,19 Arten	( <i>ENSÖ</i> : 12 Arten)
<u>Hohe Stauden und Sträucher:</u> (Standardabweichung: 2,24)	6,78 Arten	( <i>Musi</i> : 13 Arten)

Faßt man alle untersuchten Dachbegrünungen zusammen, so wurden durchschnittlich 3,2 Bodentierarten pro Dach gefunden. Auch wenn durch die Erfassungsmethoden nicht alle Arten ermittelt werden konnten, läßt sich aus den Ergebnissen eine Tendenz ableiten:

Von der „Moos-Sedum-Begrünung“ bis zur „Hohe Stauden und Sträucher-Begrünung“ ist ein kontinuierlicher Anstieg der Bodentierarten zu verzeichnen.

Bei den Vegetationsformen „Moos-Sedum“ und „Sedum-Gras-Kraut“ sind einzelne Objekte mit hohen Artenzahlen dafür verantwortlich, daß in diesen Vegetationsgruppen relativ hohe Durchschnittswerte erreicht werden. Bei einem Großteil der Dächer dieser Vegetationsformen konnten, im Gegensatz zu den anderen Dachbegrünungen (Gras-Kraut, Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden, Wildstauden-Gehölze, Hohe Stauden und Sträucher), keine Bodentiere gefunden werden. Die Taxa Lumbricidae, Isopoda und Diplopoda ließen sich bei den einfacheren Vegetations- bzw. Begrünungsformen (Moos-Sedum, Sedum-Gras-Kraut, Gras-Kraut) gar nicht oder nur vereinzelt nachweisen; sie wurden erst mit höherer Vegetationsform (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden, Wildstauden-Gehölze, Hohe Stauden und Sträucher) regelmäßig erfaßt. Auf diese Zusammenhänge wird im Kapitel 6.3.1 ausführlicher eingegangen.

Tab. 21: Übersicht der ermittelten Anzahl der Bodentierarten der Praxisobjekte

**Moos-Sedum (extensiv)**

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäusesch.)	(Nacktschn.)		
<i>Ba</i>	9 cm	Sa, Sp	300	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Ro</i>	7 cm	Sa, Sp	500	5 Jahre	0	0	0	0	0
<i>P+RS</i>	8 cm	Sa, Sp	1600	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SSB1</i>	7 cm	Sa, Sp	2000	5 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Dresex</i>	11 cm	Pfl	700	3 Jahre	0	1 Art	0	1 Art	0
<i>Genoex1</i>	13 cm	Sa, Sp	500	4 Jahre	0	0	1 Art	0	0
<i>Genoex2o</i>	11 cm	Sp	200	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Cola</i>	10 cm	Sp, Pfl	4000	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>ColaVe</i>	8 cm	Sp	500	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>P+B</i>	9 cm	Sa, Sp	1850	6 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Ro2</i>	8 cm	Sp	500	6 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Ro3</i>	7 cm	Sp	400	6 Jahre	0	0	0	0	0
<i>FHSig1</i>	9 cm	Sa, Sp	1200	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>FHSig2</i>	9 cm	Sa, Sp	500	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>EVZ1</i>	13 cm	Pfl	800	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>EVZ2</i>	12 cm	Pfl	250	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>EVZ3</i>	12 cm	Pfl	800	2 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>Grab</i>	7 cm	Sa, Sp	400	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>KiGaRT</i>	5 cm	Sa, Sp	500	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>LMG1</i>	8 cm	Sp	1000	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SWE1</i>	8 cm	Sp	500	4 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>SWE2</i>	7 cm	Sp	500	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SWE3</i>	7 cm	Sp	500	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SWE4</i>	7 cm	Sp	150	4 Jahre	0	0	0	0	0

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte

### Moos-Sedum (extensiv)

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäusesch.)	(Nacktschn.)		
<i>SWLBexo</i>	20 cm	Sa, Sp	8000	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SWLBex3</i>	12 cm	Pfl	250	3 Jahre	0	1 Art	0	1 Art	0
<i>GymDo</i>	12 cm	Sa, Sp	400	4 Jahre	0	0	0	0	0
<i>GHM</i>	10 cm	Sp, Pfl	1000	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>PHE</i>	5 cm	Sa, Sp	700	5 Jahre	0	0	0	0	0

### Sedum-Gras-Kraut (extensiv)

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäusesch.)	(Nacktschn.)		
<i>Mk</i>	6 cm	Sa, Sp	150	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>KiGaT</i>	5 cm	Sa, Sp	800	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SHSi</i>	10 cm	Sa, Sp	500	7 Jahre	1 Art	0	1 Art	0	0
<i>FABB</i>	9 cm	Sa, Sp	1800	3 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>SSB2</i>	8 cm	Sa, Sp	2000	5 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Mör</i>	12 cm	Sa, Sp	450	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Rogg</i>	9 cm	Sa, Sp	5000	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>BCE7o</i>	7 cm	Sp, Sa, Vm	1000	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>BCE7u</i>	6 cm	Sa, Sp, Vm	400	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>BCE8</i>	9 cm	Sa, Sp, Vm	1000	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>BCE12</i>	7 cm	Sa, Sp, Vm	1000	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Sa</i>	7 cm	Sa, Sp	400	5 Jahre	0	0	0	0	0
<i>SZA1</i>	12 cm	Sa, Sp, Pfl	600	4 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>STP1</i>	11 cm	Sa, Sp	300	7 Jahre	1 Art	4 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>STP2</i>	10 cm	Sa, Sp	300	7 Jahre	1 Art	2 Arten	0	1 Art	0
<i>FlugS</i>	7 cm	Sa, Sp	800	3 Jahre	0	0	0	0	0
<i>GymDu</i>	8 cm	Sa, Sp	300	2 Jahre	0	0	0	0	0
<i>UUM</i>	8 cm	Sp	700	6 Jahre	0	1 Art	0	0	0

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte

### Gras-Kraut (extensiv)

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäuseschn.)	(Nacktschn.)		
<i>GymLeom</i>	11 cm	Sa	800	7 Jahre	1 Art	1 Art	1 Art	0	0
<i>GymLeoo</i>	6 cm	Sa, Sp	800	7 Jahre	1 Art	2 Arten	1 Art	0	0
<i>KSKBB</i>	10 cm	Sp	400	6 Jahre	n.b.	0	0	0	0
<i>EZS4</i>	14 cm	Sa, Sp	70	3 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>KiGaK</i>	11 cm	Sa, Sp	500	4 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>Sch</i>	6 cm	Sa, Sp	1000	6 Jahre	0	0	0	0	0
<i>DVZ</i>	12 cm	Sa, Sp	500	3 Jahre	1 Art	1 Art	0	0	0
<i>Möbel</i>	7 cm	Sa, Sp	600	9 Jahre	0	0	0	0	0
<i>PRH</i>	8 cm	Sa, Sp	700	8 Jahre	0	0	0	0	0
<i>BZC</i>	10 cm	Sa, Sp	800	6 Jahre	0	0	2 Arten	0	0
<i>Centra</i>	10 cm	Sa, Sp	700	9 Jahre	0	0	0	0	0
<i>KHLeou</i>	5 cm	Sa, Sp	1500	10 Ja.	0	0	0	0	0
<i>WagoexN</i>	6 cm	Sa, Sp	300	10 Ja.	2 Arten	0	1 Art	0	0
<i>SVWex</i>	7 cm	Pfl, Vm	400	6 Jahre	0	3 Arten	0	0	0
<i>Schw1</i>	5 cm	Sa, Sp	1500	9 Jahre	0	1 Art	0	0	0
<i>Schw2</i>	7 cm	Sa, Sp	700	9 Jahre	0	1 Art	1 Art	0	0
<i>Bak1</i>	8 cm	Sa	250	9 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Bak2</i>	5 cm	Sa	300	9 Jahre	0	0	0	0	0
<i>Bak3</i>	5 cm	Sa	350	9 Jahre	0	0	0	0	0

### Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden (extensiv mit Anhögelungen)

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäuseschn.)	(Nacktschn.)		
<i>KH</i>	24 cm	Sa, Sp, Pfl	200	10 Ja.	0	n.b.	0	0	0
<i>Not</i>	15 cm	Sa, Pfl	1200	3 Jahre	1 Art	3 Arten	1 Art	0	0
<i>SSRT</i>	24 cm	Sa, Pfl	100	4 Jahre	0	1 Art	0	0	1 Art

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte, n.b.=nicht bestimmt

### Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden (extensiv mit Anhögelungen)

Dach	Substrat-tiefe	Vegetations-aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda (Gehäusesch.)	(Nacktschn.)	Isopoda	Diplopoda
<i>SSB3</i>	12 cm	Sa, Sp, Pfl	2000	5 Jahre	1 Art	1 Art	0	0	n.b.
<i>GymP</i>	12 cm	Sa, Sp, Pfl	250	2 Jahre	1 Art	2 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>EZS</i>	15 cm	Sa, Sp, Pfl	500	3/4 Ja.	2 Arten	4 Arten	2 Arten	2 Arten	2 Arten
<i>GRH</i>	12 cm	Pfl	75	16 Ja.	1 Art	6 Arten	1 Art	0	1 Art
<i>Genoex2</i>	12 cm	Sp, Pfl	600	4 Jahre	1 Art	3 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>Leo</i>	25 cm	Sp, Pfl	400	3 Jahre	1 Art	2 Arten	2 Arten	0	0
<i>Kohl</i>	15 cm	Sa, Sp, Pfl	550	4 Jahre	1 Art	0	0	0	0
<i>EZS2</i>	15 cm	Sa, Pfl	250	3 Jahre	2 Arten	4 Arten	0	1 Art	1 Art
<i>EZS3</i>	15 cm	Sa, Sp, Pfl	300	3/4 Ja.	2 Arten	4 Arten	2 Arten	2 Arten	0
<i>GemU</i>	16 cm	Sa, Sp, Pfl	200	2 Jahre	0	2 Arten	0	0	0
<i>AWA</i>	30 cm	Sa, Sp, Pfl	1100	1 Jahr	1 Art	1 Art	0	1 Art	0
<i>LMG2</i>	16 cm	Sa, Sp, Pfl	800	3 Jahre	0	2 Arten	0	0	0
<i>KHLeo2</i>	22 cm	Sp, Pfl	1500	7 Jahre	1 Art	2 Arten	0	0	0
<i>LaraHN</i>	14 cm	Sp, Pfl	500	8 Jahre	1 Art	2 Arten	0	1 Art	0
<i>KSKHNI</i>	10 cm	Pfl	300	7 Jahre	1 Art	1 Art	0	1 Art	0
<i>SWLBex2</i>	24 cm	Sp, Pfl	400	3 Jahre	0	1 Art	0	1 Art	0
<i>GenoRä</i>	9 cm	Sp, Pfl	700	3 Jahre	0	1 Art	0	0	0

### Wildstauden-Gehölze (extensiv-intensiv)

Dach	Substrat-tiefe	Vegetations-aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda (Gehäusesch.)	(Nacktschn.)	Isopoda	Diplopoda
<i>KiGa</i>	12 cm	Sp, Pfl, Vm	500	5 Jahre	2 Arten	3 Arten	n.b.	3 Arten	n.b.
<i>Laraint</i>	20 cm	Pfl, Sp	270	2 Jahre	1 Art	4 Arten	n.b.	3 Arten	1 Art
<i>Laraex</i>	17 cm	Sp, Pfl	400	7 Jahre	1 Art	1 Art	n.b.	1 Art	1 Art
<i>HPexin</i>	23 cm	Pfl	200	3 Jahre	1 Art	2 Arten	n.b.	4 Arten	2 Arten
<i>Ra</i>	24 cm	Pfl	1200	2 Jahre	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte; n.b.=nicht bestimmt

### Wildstauden-Gehölze (extensiv-intensiv)

Dach	Substrat-tiefe	Vegetations-aufbringung	Größe [m <sup>2</sup> ]	Alter	Lumbricidae	Gastropoda (Gehäusesch.)	Gastropoda (Nacktschn.)	Isopoda	Diplopoda
<i>RHSi</i>	13 cm	Pfl	900	9 Jahre	1 Art	1 Art	3 Arten	2 Arten	0
<i>PLK</i>	12 cm	Pfl	950	6 Jahre	1 Art	4 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>Presse</i>	15 cm	Sa, Sp, Pfl	3900	2/3 Jahre	2 Arten	4 Arten	2 Arten	1 Art	0
<i>Dresint</i>	11 cm	Pfl	200	3 Jahre	1 Art	2 Arten	0	1 Art	0
<i>GymLeou</i>	20 cm	Pfl	400	7 Jahre	3 Arten	2 Arten	1 Art	2 Arten	1 Art
<i>PH2</i>	15 cm	Sp, Pfl	500	6 Jahre	n.b.	2 Arten	0	0	0
<i>MöWo</i>	15 cm	Pfl	400	8 Jahre	1 Art	5 Arten	0	0	n.b.
<i>Neo</i>	23 cm	Sp, Pfl	300	4 Jahre	1 Art	1 Art	1 Art	2 Arten	0
<i>UVG</i>	30 cm	Sp, Pfl	600	6 Jahre	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art
<i>LZBSa2</i>	40 cm	Pfl, Sp	500	9 Jahre	2 Arten	4 Arten	n.b.	1 Art	0
<i>ENSÖ</i>	20 cm	Pfl, Sp	500	1/2 Jahre	2 Arten	7 Arten	2 Arten	n.b.	0

### Hohe Stauden und Sträucher (intensiv)

Dach	Substrat-tiefe	Vegetations-aufbringung	Größe	Alter	Lumbricidae	Gastropoda (Gehäusesch.)	Gastropoda (Nacktschn.)	Isopoda	Diplopoda
<i>HPint</i>	20 cm	Pfl	100	7 Jahre	1 Art	n.b.	1 Art	3 Arten	4 Arten
<i>HPing</i>	27 cm	Pfl	120	9 Jahre	n.b.	n.b.	n.b.	0	n.b.
<i>Musi</i>	20 cm	Pfl	750	7 Jahre	2 Arten	1 Art	n.b.	4 Arten	5 Arten
<i>Heu</i>	15 cm	Pfl	400	8 Jahre	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
<i>Wagoint</i>	30 cm	Pfl	400	9 Jahre	2 Arten	2 Arten	0	2 Arten	1 Art
<i>SZH</i>	14 cm	Pfl	25	11 Jahre	1 Art	4 Arten	0	1 Art	0
<i>Genoint</i>	25 cm	Pfl	200	4 Jahre	1 Art	3 Arten	0	2 Arten	0
<i>SKE</i>	25 cm	Pfl	250	2 Jahre	1 Art	2 Arten	1 Art	1 Art	1 Art
<i>HZN</i>	20 cm	Pfl	500	3 Jahre	1 Art	0	1 Art	1 Art	0
<i>Dach</i>	20 cm	Pfl	200	18 Jahre	1 Art	2 Arten	1 Art	1 Art	1 Art
<i>PHI</i>	25 cm	Pfl	200	6 Jahre	2 Arten	2 Arten	2 Arten	2 Arten	0

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte; n.b.=nicht bestimmt

### Hohe Stauden und Sträucher (intensiv)

Dach	Substrat- tiefe	Vegetations- aufbringung	Größe	Alter	Lumbricidae	Gastropoda		Isopoda	Diplopoda
						(Gehäusesch.)	(Nacktschn.)		
<i>KP1</i>	20 cm	Pfl	300	11 Jahre	2 Arten	3 Arten	0	0	1 Art
<i>KP2</i>	15 cm	Pfl	400	11 Jahre	1 Art	3 Arten	0	0	1 Art
<i>SVWint</i>	25 cm	Pfl	600	6 Jahre	2 Arten	3 Arten	0	4 Arten	0
<i>KSKHN2</i>	30 cm	Pfl	300	7 Jahre	2 Arten	2 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>SWLBS</i>	40 cm	Pfl	400	3 Jahre	2 Arten	2 Arten	0	3 Arten	0
<i>SWLBN</i>	20 cm	Pfl	300	3 Jahre	1 Art	3 Arten	1 Art	2 Arten	1 Art
<i>Sparda</i>	20 cm	Pfl	500	3 Jahre	3 Arten	2 Arten	1 Art	1 Art	0
<i>Rust</i>	20 cm	Pfl	300	4 Jahre	0	3 Arten	1 Art	3 Arten	2 Arten
<i>Bru</i>	23 cm	Pfl	100	7 Jahre	2 Arten	1 Art	1 Art	2 Arten	1 Art
<i>LZBSa1</i>	45 cm	Pfl	300	9 Jahre	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art
<i>DRKSa1</i>	30 cm	Pfl	200	13 Jahre	1 Art	3 Arten	2 Arten	2 Arten	1 Art
<i>DRKSa2</i>	30 cm	Pfl	70	13 Jahre	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art	1 Art

Sa=Saar, Sp=Sprosse, Pfl=Pflanzung, Vm=Vegetationsmatte

Tab. 22: Übersicht und Verteilung der erfaßten Lumbriciden-Arten der Praxisobjekte

<i>Aporrectodea rosea</i>									
<i>Aporrectodea spec.</i>									
<i>Dendrobaena octaedra</i>									
<i>Dendrobaena spec.</i>									
<i>Dendrodrius rubidus</i>									
<i>Lumbricus rubellus</i>									
<i>Lumbricus spec.</i>									
<i>Octolasion lacteum</i>									
<i>Octolasion spec.</i>									

<i>Aporrectodea rosea</i>									
<i>Aporrectodea spec.</i>									
<i>Dendrobaena octaedra</i>									
<i>Dendrobaena spec.</i>									
<i>Dendrodrius rubidus</i>									
<i>Lumbricus rubellus</i>									
<i>Lumbricus spec.</i>									
<i>Octolasion lacteum</i>									
<i>Octolasion spec.</i>									

**Sedum-Gras-Kraut**

<i>SHSi</i>				P					
<i>STP1</i>									P
<i>STP2</i>			P						

**Gras-Kraut**

<i>GymLeom</i>			P	P					
<i>GymLeoo</i>			P	P					
<i>DVZ</i>				P					
<i>WagoexN</i>				P	P				

**Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden**

<i>Not</i>		P							
<i>SSB3</i>				P					
<i>GymP</i>			P	P					
<i>EZS</i>				P <sub>2</sub> Bf					P <sub>1</sub>
<i>GRH</i>			Bf	P					
<i>Genoex2</i>			P	P					
<i>Leo</i>				P					
<i>Kohl</i>				P					
<i>EZS2</i>		P	P						
<i>EZS3</i>			P <sub>1</sub> Bf	P <sub>2</sub> Bf			Bf		
<i>AWA</i>			P	P					
<i>KHLeo2</i>									P
<i>LaraHN</i>		P							
<i>KSKHNI</i>									P

**Wildstauden-Gehölze**

<i>KiGa</i>			Bf	Bf					P
<i>Laraint</i>			Bf	Bf					
<i>Laraex</i>			Bf	Bf					
<i>HPexin</i>			Bf						
<i>RHSi</i>				P					
<i>PLK</i>			P	P					
<i>Presse</i>				P <sub>1,2</sub>				P <sub>2</sub>	
<i>Dresint</i>		P							
<i>GymLeou</i>			P				P		P
<i>MöWö</i>				P					
<i>Neo</i>				P					
<i>UVG</i>			P	P					
<i>LZBSa2</i>							P		
<i>ENSÖ</i>			*	*	*				

**Hohe Stauden und Sträucher**

<i>HPint</i>								Bf	
<i>Musi</i>								Bf P	P
<i>Wagoint</i>	P		P						
<i>SZH</i>			P Bf	P Bf					
<i>Genoint</i>				P					

P=Punkt-Bestandsaufnahme, P<sub>1,2</sub>=zu verschiedenen Terminen, B=Barberfalle; \*=siehe Ergebnisse ENSÖ

<i>Aporrectodea rosea</i>
<i>Aporrectodea spec.</i>
<i>Dendrobaena octaedra</i>
<i>Dendrobaena spec.</i>
<i>Dendrodrilus rubidus</i>
<i>Lumbricus rubellus</i>
<i>Lumbricus spec.</i>
<i>Octolasion lacteum</i>
<i>Octolasion spec.</i>

<i>Aporrectodea rosea</i>
<i>Aporrectodea spec.</i>
<i>Dendrobaena octaedra</i>
<i>Dendrobaena spec.</i>
<i>Dendrodrilus rubidus</i>
<i>Lumbricus rubellus</i>
<i>Lumbricus spec.</i>
<i>Octolasion lacteum</i>
<i>Octolasion spec.</i>

<i>SKE</i>									P
<i>HZN</i>			P						
<i>Dach</i>			P						
<i>PH1</i>			P	P					
<i>KP1</i>		P				P			
<i>KP2</i>							P		
<i>SVWint</i>			P				P		
<i>KSKHN2</i>			P						P

<i>SWLBS</i>				P				P	
<i>SWLBN</i>				P					
<i>Sparda</i>	P			P				P	
<i>Bru</i>				P					P
<i>LZBSa1</i>									P
<i>DRKSa1</i>				P					
<i>DRKSa2</i>			P	P					

P=Punkt-Bestandsaufnahme, B=Barberfalle









Tab. 24: Übersicht und Verteilung der erfaßten Isopoden-Arten der Praxisobjekte

	<i>Armadillidium nasatum</i>	<i>Armadillidium vulgare</i>	<i>Hyloniscus riparius</i>	<i>Oniscus asellus</i>	<i>Philoscia affinis</i>	<i>Philoscia muscorum</i>	<i>Porcellio scaber</i>	<i>Porcellio spinicornis</i>	<i>Trachelipus rathkii</i>	<i>Trichoniscus pusillus</i>
<b>Moos-Sedum</b>										
<i>Dresex</i>	P									
<i>SWLBex3</i>	P									
<b>Sedum-Gras-Kraut</b>										
<i>STP1</i>	P									
<i>STP2</i>							P			
<b>Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden</b>										
<i>GymP</i>								P		
<i>EZS</i>		P <sub>1,2</sub> Bf					Bf		P1	
<i>Genoex2</i>							P			
<i>EZS2</i>					P					
<i>EZS3</i>		Bf					P <sub>1,2</sub> Bf			
<i>AWA</i>									P	
<i>LaraHN</i>	P									
<i>KSKHN1</i>							P			
<i>SWLBex2</i>	P									
<b>Wildstauden-Gehölze</b>										
<i>KiGa</i>	Bf P	Bf P					Bf			
<i>Laraint</i>		Bf					Bf		Bf	
<i>Laraex</i>	Bf									
<i>HPexin</i>	Bf	Bf					Bf		Bf	
<i>RHSi</i>	P						P			
<i>PLK</i>	P									
<i>Presse</i>	P <sub>1,2</sub>									
<i>Dresint</i>					P					

P=Punkt-Bestandsaufnahme, P<sub>1,2</sub>=zu verschiedenen Terminen,  
B=Barberfalle

<i>Armadillidium nasatum</i>
<i>Armadillidium vulgare</i>
<i>Hyloniscus riparius</i>
<i>Oniscus asellus</i>
<i>Philoscia affinis</i>
<i>Philoscia muscorum</i>
<i>Porcellio scaber</i>
<i>Porcellio spinicornis</i>
<i>Trachelipus rathkii</i>
<i>Trichoniscus pusillus</i>

<i>GymLeou</i>		P					P		
<i>Neo</i>	P						P		
<i>UVG</i>							P		
<i>LZBSa2</i>							P		

**Hohe Stauden u Straucher**

<i>HPint</i>		Bf					Bf		Bf
<i>Musi</i>	Bf		Bf				Bf P		Bf
<i>Wagoint</i>		P		P					
<i>SZH</i>									P
<i>Genoint</i>	P						P		
<i>SKE</i>						P			
<i>HZN</i>							P		
<i>Dach</i>							P		
<i>PH1</i>	P						P		
<i>SVWint</i>	P				P		P		P
<i>KSKHN2</i>							P		
<i>SWLBS</i>	P	P					P		
<i>SWLBN</i>		P					P		
<i>Sparda</i>							P		
<i>Rust</i>	P						P		P
<i>Bru</i>	P						P		
<i>DRKSa1</i>			P				P		
<i>DRKSa2</i>									P

P=Punkt-Bestandsaufnahme, B=Barberfalle

Tab. 25: Übersicht und Verteilung der erfaßten Diplopoden-Arten der Praxisobjekte

	<i>Brachyotulus pusillus</i>	<i>Cylindroiulus britannicus</i>	<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i>	<i>Cylindroiulus punctatus</i>	<i>Nopoiulus kochii</i>	<i>Ommatoidulus sabulosus</i>	<i>Ophyotulus pilosus</i>	<i>Oxidus gracilis</i>	<i>Polydesmus angustus</i>	<i>Polydesmus superus</i>
<b>Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden</b>										
SSRT		P								
EZS	P <sub>2</sub> Bf	Bf								
GRH						Bf				
EZS2						P				
<b>Wildstauden-Gehölze</b>										
Laraint									Bf	
Laraex			Bf							
HPexin	Bf	Bf								
GymLeou		P								
UVG										P
<b>Hohe Stauden und Sträucher</b>										
HPint	Bf	Bf	Bf	Bf						
Musi	Bf	P	P Bf			Bf	Bf			
Wagoint									P	
SKE			P							
Dach					P					
KP1		P								
KP2		P								
SWLBN		P								
Rust			P					P		
LZBSa1						P				
DRKSa1		P								
DRKSa2		P								

P=Punkt-Bestandsaufnahme, P<sub>1,2</sub>=zu verschiedenen Terminen,  
B=Barberfalle

Über die 125 begrünten Dächer verteilt konnten insgesamt fünf Lumbricidae-, 27 Gastropoda- (21 Gehäuse- und sechs Nacktschneckenarten), 10 Isopoda- und 10 Diplopoda-Arten erfaßt werden.

Bei den Lumbriciden, die auf insgesamt 57 Dächern (47,2 %) mit mindestens einem Exemplar bestätigt wurden, erwiesen sich *GymLeou* und *Sparda* mit je drei Arten als die artenreichsten Objekte. Die am häufigsten vorkommende Art war *Dendrobaena octaedra*, die auf 19 Dachbegrünungen nachgewiesen wurde. Im Kapitel 6.2.1 werden nähere Angaben zur Ökologie der erfaßten Lumbriciden-Arten gemacht.

Auf 74 (59,2 %) der insgesamt 125 untersuchten Dächer konnten Gehäuseschnecken und auf 42 Objekten (33,6 %) Nacktschnecken gefunden werden. Die meisten Gehäuseschnecken-Arten wurden auf *ENSÖ* (sieben Arten) erfaßt. Die artenreichste Dachbegrünung im Hinblick auf Nacktschnecken war *RHSi* mit drei Arten. Folgende Gastropoden-Arten konnten am häufigsten nachgewiesen werden: *Cochlicopa lubrica* (30 Objekte), *Zonitoides nitidus* (27 Objekte), *Oxyloma elegans* (22 Objekte), *Deroceras reticulatum* (16 Objekte) und *Monacha cartusiana* (15 Objekte). *Cochlicopa lubrica* ist als eine Art charakterisiert, die die unterschiedlichsten Lebensräume besiedelt und kann ebenso wie *Deroceras reticulatum* als Kulturfolger eingeordnet werden. *Monacha cartusiana* ist eine xerophile Art im Gegensatz zu *Oxyloma elegans* und *Zonitoides nitidus*, die beide als Feuchtezeiger gelten (siehe auch Kapitel 6.2.2).

Isopoden waren auf 47 (37,6 %) begrünten Dächern vertreten. Dabei konnten auf *HPexin*, *Musi* und *SVWint* mit je vier die meisten Arten ermittelt werden. Die eher trockenheitsliebenden Arten *Porcellio scaber* (27 Objekte), *Armadillidium nasatum* (19 Objekte) und *Armadillidium vulgare* (10 Objekte) wurden am häufigsten erfaßt und dies bei nahezu der Hälfte aller Dächer in der Vegetationsform „Hohe Stauden und Sträucher“.

Ein ähnliches Bild ergab sich bei der am häufigsten gefangenen Diplopodenart *Cylindroiulus britannicus*: Diese synanthrope Kompost- und Gartenart (Kapitel 6.2.4) kam auf 11 Dachbegrünungen vor und dort meist bei intensiven Begrünungen („Hohe Stauden und Sträucher“). *Musi* wies mit fünf Diplopodenarten die höchste Artenzahl auf. Insgesamt konnten auf 26 (20,8 %) begrünten Dächern Diplopoda nachgewiesen werden.

## 6.2 Allgemeine und spezielle Ökologie der erfaßten Bodentiere

Die vielfältige Lebensgemeinschaft des Bodens tritt in Form der Mikro- (0,002-0,2 mm), Meso- (0,2-2,0 mm) und Makrofauna (2,0-20,0 mm) auf. Sie ist für den vollständigen Abbau des Bestandsabfalls notwendig. Unter den mitteleuropäischen Klimabedingungen fallen im Herbst erhebliche Mengen organischer Substanzen pflanzlicher Herkunft auf den Erdboden. Der Bodenfauna kommt nun im Zusammenspiel mit den Mikroorganismen die elementare Rolle der Streuzersetzung und des Umbaus in pflanzenverfügbare Nährstoffe zu. Vereinfacht dargestellt wird das Fall-Laub zunächst von Destruenten (Mikroorganismen) befallen und enzymatisch zerlegt, damit die Blattoberflächen von Springschwänzen und Milben (Mesofauna) und unmittelbar danach von Regenwürmern, Schnecken, Asseln, Tausendfüßern und Fliegenlarven (Makrofauna) durchlöchert und die Blattfragmente aufgenommen werden können (BICK 1993). Die wieder ausgeschiedenen Exkremente der Makrofauna werden von Mikroorganismen und Pilzen sowie teilweise von der Mesofauna weiterverarbeitet, bis letztendlich das Fall-Laub vollständig abgebaut ist und in Form von Humus und Ton-Humus-Komplexen vorliegt. Beim Abbau des Bestandsabfalls interagieren die epigäischen Saprophagen wie Isopoda und Diplopoda mit den hypogäischen Erstzersettern (Oligochaeta) in der Art, daß in der obersten Bodenschicht die Kotballen der Isopoden und Diplopoden von den Oligochaeten aufgenommen, mit Mineralteilen vermischt und in tiefere Bodenhorizonte eingetragen werden (SPRENGEL 1986). Der Abbau des Bestandsabfalls erfolgt durch die Wechselwirkungen der Mikro-, Meso- und Makrofauna schneller und kontinuierlicher als bei einer rein mikrobiellen Abbautätigkeit (KURCEVA 1960).

### 6.2.1 Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Lumbricidae

Schon vor über 100 Jahren haben DARWIN (1883) und HENSEN (1877) die Bedeutung der Regenwürmer als Bodenverbesserer hervorgehoben: Die Grabtätigkeit und Gangsysteme der Oligochaeten fördern einerseits die Luft- und Wasserzirkulation der Böden und andererseits die Durchmischung der Bodenschichten. Überaus wichtig sind sie weiterhin beim Abbau des Bestandsabfalls und für die damit verbundene Nährstoffanreicherung der Böden. Sie zerkleinern abgestorbene Pflanzenteile und vergrößern damit die Angriffsflächen für kleinere Zersetzer, oder verschleppen ganze Blätter in ihre Gänge und fressen Pflanzenteile, Boden und Kotballen von anderen Kleintieren. Im Regenwurmdarm wird die Nahrung mechanisch und physiologisch (teilweise mit Zellulase und Chitinase) aufgeschlossen. Die organischen Stoffe verbinden sich mit den mitgefressenen Mineralpartikeln des Bodens zu wertvollen Ton-Humus-Komplexen (TISCHLER 1980b). Hinsichtlich ihrer Leistung für Bodenstrukturen und Dekomposition werden die Oligochaeten nach DUNGER & FIEDLER (1989) als die wichtigste Tiergruppe in der gemäßigten Zone beschrieben. Die Exkretionsprodukte der Oligochaeten enthalten viel Stickstoff in Form von Ammoniak und Harnstoff, und die mit Kot ausgekleideten Wurmgänge locken besonders stark stickstoffbindende Bakterien an (LOQUET et al. 1977). Um die biologische Bedeutung der Regenwürmer abschätzen zu können, wurden in den Niederlanden durch Pestizide fast wurmfrei gemachte Flächen mit unbehandelten Böden verglichen (WESTERINGH 1972). Dabei fielen bei der behandelten Fläche zwei Dinge auf: Es bildete sich eine etwa 20 cm starke Schicht aus unzersetztem, abgestorbenem Pflanzenmaterial und die Pflanzenwurzeln waren zudem viel lockerer mit dem Mutterboden verbunden.

In Mitteleuropa leben etwa 40 Oligochaetenarten, von denen nur etwa die Hälfte häufiger vorkommt. Es werden drei Lebensformtypen unterschieden (DUNGER & FIEDLER 1989):

1. Die epigäischen Formen (Streuformen) leben überwiegend in den oberen Bodenschichten, in der Humusaufgabe, in Komposten und an den sich zersetzenden Holzteilen.
2. Die anözischen Formen (Tiefgräber) kommen in tieferen Bodenhorizonten vor, holen sich ihre Nahrung jedoch an der Oberfläche.
3. Endogäische Mineralbodenformen halten sich überwiegend in tieferen Bodenschichten auf.

Die Lebensdauer liegt bei den epigäischen Arten etwa bei einem und bei den anözischen Arten bei bis zu sechs Jahren (DUNGER & FIEDLER 1989). Die Entwicklung zum geschlechtsreifen Tier dauert in der Regel  $\frac{1}{4}$  Jahr bei den Streuformen und bis zu drei Jahren bei den Tiefgräbern und Mineralbodenformen. Die begrenzenden Lebensfaktoren der Oligochaeta sind Feuchtigkeit und Temperatur. Sowohl bei Trockenheit als auch bei Kälte und zu hohen Temperaturen versuchen die Regenwürmer in tiefere Bodenschichten auszuweichen und überdauern diese Perioden in einem Starrezustand (Dormanz) oder in Diapausen (MEINHARDT 1974). Einige Streuformen

sind in den trocken-warmen Monaten nur im Eistadium zu finden (DUNGER & FIEDLER 1989). TISCHLER (1980b) betont die Wichtigkeit einer ausreichenden Feuchtigkeit des Bodens. Ein längeres Absinken des Bodenwassergehaltes unter 30-35 Vol.% hat eine Abnahme der Regenwurmfauna zur Folge. In geschützten Böden mit ausreichender Vegetationsdecke können im Winter auch einige Grade unter dem Gefrierpunkt ertragen werden, was bei offen liegenden Feldern nicht der Fall ist; hier sind schon Temperaturen um den Nullpunkt tödlich (TISCHLER 1980b). Regenwürmer gehören zu den abkühlungsempfindlichen Arten, d.h. es können schon bei Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt Schädigungen des Organismus auftreten (KULZER 1982). Nach LEE (1985) liegt die letale Temperaturuntergrenze für *Aporrectodea*-Arten bei 0° C und die letale Obergrenze bei 40° C. Regenwürmer werden von zahlreichen Räubern gefressen: u.a. von Käfern (Carabiden und Staphyliniden) und vielen Vögeln.

Die in der vorliegenden Arbeit auf begrüntem Dächern nachgewiesenen Lumbricidae werden nach TISCHLER (1980b), DUNGER (1983), STRESEMANN (1992) wie folgt beschrieben. Die Nomenklatur geht auf GRAFF (1983) zurück.

#### *Aporrectodea rosea* (SAVIGNY)

Diese Art ist weit verbreitet und kommt in den oberen Schichten der verschiedensten Bodenarten vor.

#### *Dendrobaena octaedra* (SAVIGNY)

*Dendrobaena octaedra* lebt vorzugsweise in der Laubstreu von Laubwäldern und in Stubben, aber auch in Mooren, seltener jedoch in Garten- und Wiesenböden.

#### *Dendrodriilus rubidus* (SAVIGNY)

Diese Art kommt in der Streu und der obersten Bodenschicht von Wäldern, in Garten- und Wiesenböden vor.

#### *Lumbricus rubellus* (HOFFMEISTER)

Diese häufig vorkommende Art bewohnt humusreiche Böden mit mittlerem Feuchtigkeitsgehalt, Laubstreu und vermodernde Stubben. *Lumbricus rubellus* findet sich auch an der Oberfläche zwischen Gras und Moos. DUNGER & FIEDLER (1989) geben für die Entwicklung und Fortpflanzung dieser Art Optimaltemperaturen von 15-18°C an.

#### *Octolasion lacteum* (OERLEY)

Diese Art kommt in den verschiedenartigsten feuchten Böden und unter Laubstreu, jedoch seltener in Sand- und Ackerböden vor.

### 6.2.2 Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Gastropoda

Etwa 5 % der jährlichen Streuzersetzung im Laubwald entfallen auf Gehäuse- und Nacktschnecken (DUNGER & FIEDLER 1989). Gastropoden gehören neben den Isopoden, Diplopoden und Oligochaeten zu den Erstzersettern im Boden. Beim Abbau des Fall-Laubes werden die u.a. von Collembolen erzeugten Löcher in der Blattepidermis (Fensterfraß) durch die Gastropoden vergrößert (Loch- und Skelettfraß). Durch diese Fraßtätigkeit werden neue Angriffspunkte für kleinere Destruenten geschaffen und damit der Abbau des Bestandsabfalls gefördert (BICK 1993). Schnecken verursachen neben den Regenwürmern, Tausendfüßern und Fliegenlarven eine Durchmischung der Bodenschichten durch das Verschleppen von Pflanzenteilen und das Ausscheiden von Kot. Der Großteil der Gastropoden ist Pflanzen-, Pilz-, Mikroben- oder Humusfresser. Einige Arten ernähren sich auch räuberisch oder nehmen Aas an. Da sich die Gastropoden auch von lebenden Pflanzenteilen ernähren, zählen einige von ihnen (z.B. die Nacktschnecke *Deroceras reticulatum*) zu den weitverbreiteten Ackerschädlingen (TISCHLER 1980b). Die Gastropoden sind, wie die Lumbriciden, meist auf feuchte Lebensräume angewiesen und deshalb von den Böden und der darauf wachsenden Vegetation abhängig (ANT 1963). In Trocken- und Kälteperioden graben sich manche Arten 10-30 cm tief in den Boden ein (TISCHLER 1980b), andere versuchen der Hitze durch Hochwan-

den an höheren Pflanzenteilen auszuweichen oder verfallen in eine Trockenstarre (SCHREIBER 1993). Größere Gehäuseschneckenarten halten mit verschlossenem Kalkdeckel Winterruhe, kleine Arten suchen in der Streu Schutz, sind mehr oder weniger aktiv und unterliegen einer hohen Sterberate. Im Sommer verfallen vor allem die großen Arten in einen Ruhezustand (Dormanz) (CORSMANN 1990). Gastropoda besiedeln bevorzugt kalkhaltige Böden, in kalkfreien Rohhumusböden sind nur Nacktschnecken anzutreffen (DUNGER & FIEDLER 1989).

Im Folgenden werden die ökologischen Besonderheiten der in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesenen Gastropoden angeführt. Diese Angaben und die Nomenklatur gehen auf FECHTER & FALKNER (1990) sowie auf KERNEY et al. (1983) zurück.

*Arion distinctus* (MABILLE 1868)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist

Diese Art lebt in Deutschland überwiegend im Kulturland und dort häufig in Gärten. Über die Lebensweise ist noch wenig bekannt. Sie wurde erst 1977 als eigene Art beschrieben und zuvor mit *A. owenii* und *A. hortensis* als „*Arion hortensis*“ zusammengefaßt. *Arion distinctus* legt zwischen November und Dezember 10-50 Eier und gilt als relativ kälteresistente Art.

*Arion lusitanicus* (MABILLE 1868)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist

Ursprünglich war das Vorkommen der Spanischen Wegschnecke auf die westliche Iberische Halbinsel beschränkt, doch seit den 60er Jahren hat sie sich über fast ganz Europa ausgebreitet und ist zu einem berüchtigten Garten- und Landwirtschaftsschädling geworden. *Arion lusitanicus* ist ein Allesfresser und zeichnet sich durch eine außergewöhnlich hohe Reproduktivität aus. Zwischen September und November werden in Erdhöhlen bis zu 400 Eier gelegt. *Arion lusitanicus* ist einjährig.

*Cepaea hortensis* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Subthermophile Waldart

Die Weißmündige Bänderschnecke ist auf mäßig feuchten Stellen in Wäldern, Wiesen, Hecken und Dünen zu finden. Diese subthermophile Waldart zeigt sich hinsichtlich Feuchtigkeit recht tolerant (Bereich von 50 - 100% relative Luftfeuchtigkeit).

*Cochlicopa lubrica* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Mesohyrophiler Ubiquist

Für die zum Teil extrem unterschiedlichen Lebensräume dieser mesohyrophilen Art gibt es bislang noch keine Erklärung. Gegenwärtig laufende evolutionsgenetische Untersuchungen könnten zur Klärung des Status der Ökotypen von *Cochlicopa lubrica* beitragen. Grundsätzlich lebt diese Art im Oberboden.

*Deroceras laeve* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Sumpfwald

Der Wasserschneigel ist kennzeichnend für feuchte bis nasse Standorte. Er kriecht teilweise aktiv ins Wasser und kann sich dort längere Zeit, ohne zu atmen, aufhalten.

*Deroceras panormitanum* (LESSONA & POLLONERA 1882)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist

Einwanderer, der sich in rascher Ausbreitung befindet und vor allem auf Kulturflächen vorkommt.

*Deroceras reticulatum* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist

Die Genetzte Ackerschnecke lebt fast ausschließlich im Kulturgelände. Zwischen November und Dezember legt sie mehrmals 10 bis 40 Eier. Im Frühjahr finden sich in der Regel nur noch Jungtiere, die überwiegend unterirdisch aktiv sind. Im Herbst sind selbst in kalten Nächten die Adulttiere oberirdisch aktiv.

*Deroceras sturanyi* (SIMROTH 1894)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

Vorkommen und Verbreitung dieser Art sind noch nicht genau bekannt, da sie oftmals mit *Deroceras laeve* verwechselt wurde. Ihre typischen Habitate sind feuchte Standorte, in Gärten, auf Ödland und in Straßengräben.

*Discus rotundatus* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophile Waldart

*Discus rotundatus* ist eine gesteinsindifferente, säuretolerante Art, die in der Laubstreu, zwischen Steinen und unter Rinde von liegendem, mäßig zersetztem Totholz lebt. Die Eiablage erfolgt zwischen Mai und September. Als mesohygrophile Waldart hat sie einen relativ hohen Feuchtigkeitsanspruch; die relative Luftfeuchtigkeit darf nicht unter 65 % liegen. Sie ist nur dann in der Lage trockene Bedingungen zu überdauern, wenn schützende Habitatstrukturen (wie Steine, Totholz, o.ä.) vorhanden sind. *Discus rotundatus* ist auch im Winter aktiv.

*Fruticicola fruticum* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil mit geringer Trockenresistenz

Die Genabelte Strauchschnecke lebt in der Strauchschicht lichter Wälder und an Hochstauden im Bachuferbereich. Sie zeichnet sich durch Wärmebedürftigkeit, aber geringe Trockenresistenz aus. Sie hält Winterruhe und wird bis zu sechs Jahre alt.

*Laciniaria plicata* (DRAPARNAUD 1801)

Ökologischer Zeiger: Licht- und wärmeliebend

Eine licht- und wärmeliebende Art, die auf weniger trockenen Felsen und in lichten Laubwäldern auf kalkreichem Untergrund lebt.

*Monacha cartusiana* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Xerophil

Die Karthäuserschnecke gehört zu den xerophilen Schneckenarten. Sie lebt in trockenen und sonnigen Grashängen und Gebüschern niederer Lagen. Das Verbreitungszentrum dieser Art ist im mediterranen und südosteuropäischen Raum.

*Oxychilus draparnaudi* (BECK 1837)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophiler Ubiquist

Die Große Glanzschnecke lebt räuberisch von anderen Schnecken, Aas, Eigelegen o.ä. an feuchten Orten im Oberboden, unter Laub und Steinen im offenen und halboffenen Gelände. Sie ist als Kulturfolger über ganz Mitteleuropa verbreitet. Diese zweijährige Art zeigt sich hauptsächlich erst im Oktober und November.

*Oxyloma elegans* (RISSO 1826)

Ökologischer Zeiger: Sumpfpflanz

Die Schlanke Bernsteinschnecke ist zwar keine Wasserschnecke, jedoch eng ans Wasser gebunden und kann oft auf im Wasser stehenden Pflanzen beobachtet werden. Diese Art ist be-

reits bei halber Endgröße des Gehäuses geschlechtsreif. Es werden bis zu 150 Eier in einem gallertigen Laichballen abgelegt. Die Lebensdauer beträgt ein bis zwei Jahre.

*Planorbis planorbis* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Sumpfar

*Planorbis planorbis* lebt in stehenden und langsam fließenden Gewässern mit Schlammgrund, im schlammigen Uferbereich von größeren Seen oder in zeitweilig trockenfallenden Flutmulden. Obwohl die Art über Lungen atmet, kommt sie bis zu einem Meter Wassertiefe vor.

*Pupilla muscorum* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Xerophil/Feuchtezeiger

Diese kleine Schneckenart kommt in fast ganz Europa vor und besiedelt Trockenrasen, Moore und nasse Wiesen.

*Succinea putris* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

Die Gemeine Bernsteinschnecke ist auf Schilf und Stauden an Gewässerrändern, auf feuchten Wiesen und in Auwäldern zu finden. Die Fortpflanzung entspricht der vorigen Art. *Succinea putris* dient dem Trematoden *Leucochloridium paradoxum* (Darmparasit kleiner Singvögel) als Zwischenwirt.

*Succinella oblonga* (DRAPARNAUD 1801)

Ökologischer Zeiger: Wärmeliebend, mesohygrophil

Die Kleine Bernsteinschnecke wird als wärmeliebende, mesohygrophile Art beschrieben. Sie ist auf feuchten, spärlich bewachsenen Standorten wie z.B. Überschwemmungszonen von Fließgewässern zu finden. Sie ist typisch für ausgetrocknete Schlammflächen. Mit einem Gemisch aus Kot und Erde verklebt sie ihr Gehäuse einerseits zur Tarnung, andererseits zum Schutz vor Verdunstung.

*Trichia hispida* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil

Diese mesohygrophile Art lebt hauptsächlich in lichten Wäldern, aber auch in Kulturbiotopen. Häufig findet man sie auf Brennnesseln, die als Schutz und Nahrung dienen. Die Eiablage erfolgt im Laubstreu.

*Trichia striolata* (= *rufescens*) (DA COSTA 1787)

Ökologischer Zeiger: Calciphil, hygrophil

Die Gestreifte Haarschnecke ist in Lebensräumen mit hoher Luftfeuchte ein typischer Kraut- und Strauchschichtbewohner. Sie gilt als calciphile und hygrophile Laubwaldart.

*Trichia sericea* (DRAPARNAUD 1801)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil; seltene Art

*Trichia sericea* lebt gewöhnlich in der Krautschicht feuchter Wälder, meidet jedoch Kiefernbestände. In Baden-Württemberg ist diese Art selten.

*Vallonia costata* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Xerophil

Die Gerippte Grasschnecke bevorzugt trockene, offene Flächen mit kalkreichem Untergrund. Hierzu zählen Geröll, Steinmauern, Felsen, Trockenrasen, gelegentlich auch Sanddünen und trockene lichte Wälder.

*Vallonia excentrica* (STERKI 1880)

Ökologischer Zeiger: Xerophil

Kommt in ganz Deutschland vor und bevorzugt trockene, offene Standorte.

*Vallonia pulchella* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil

Die Glatte Grasschnecke bevorzugt ebenfalls offene und kalkreiche, jedoch etwas feuchtere Standorte als die vorhergehende Art.

*Vertigo pygmaea* (DRAPARNAUD 1801)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist

Diese Art ist ein Ubiquist, der in offenen Standorten bis zu Trockenrasen vorkommt.

*Vitrina pellucida* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil

Diese Art bewohnt von allen Glasschnecken die relativ trockensten Biotope und kommt in fast ganz Europa, vorwiegend auf halboffenen Rasenstandorten vor.

*Zonitoides nitidus* (O.F. MÜLLER 1774)

Ökologischer Zeiger: Sumpfsart ohne Trockenresistenz

Typische Habitate der Glänzenden Dolchschnecke (dolchförmiger Liebespfeil) sind Moore, Sumpfbereiche, Auwälder, Feuchtwiesen oder Hochwasserbereiche von Seen und Fließgewässern. *Zonitoides nitidus* lebt unter niederliegendem Schilf, Laub oder Totholz. Sie ist gegen Trockenheit sehr empfindlich (keine Trockenheitsresistenz) und gilt als Zeiger für dauerhaft nasse Standorte.

### 6.2.3 Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Isopoda

Auf die große Bedeutung, die den Isopoden bei der Zersetzung des Bestandsabfalls im Zusammenspiel mit Diplopoden und Oligochaeten zukommt, haben DUNGER (1983) und SPRENGEL (1986) hingewiesen. Das wesentliche Wirken der Asseln besteht dabei in der mechanischen Zerkleinerung des Fall-Laubes durch ihre kräftigen, beißenden Mundwerkzeuge, wodurch die aktive Oberfläche des Pflanzenmaterials vergrößert und der mikrobielle Angriff erleichtert wird. Asseln fressen dabei ebenso frisches wie bereits mikrobiell zersetztes überwintertes Fall-Laub, wobei frisch abgestorbenes Material bevorzugt wird (DUNGER 1958). Weiterhin beschreiben BECK & BRESTOWSKY (1980), daß es für bestimmte Laubarten Präferenzen gibt: *Ilex aquifolium* (Stechpalme) wird dabei am liebsten gefressen und *Quercus rubra* (Roteiche) am stärksten gemieden. Neben totem Pflanzenmaterial werden auch Algen, Pilze, Exkrememente und Kadaver wirbelloser Tiere gefressen (BRUCKER & KALUSCHE 1990). Diese bodenbiologischen Funktionen sind gekoppelt mit der hohen Individuendichte (50-150 Tiere / m<sup>2</sup>), die in idealen Lebensräumen erreicht werden kann (DUNGER & FIEDLER 1989). Die ursprünglichen Lebensräume der Isopoden waren Laubwälder, jedoch gibt es mittlerweile synanthrope Kulturfolger. Nach BEYER (1964) ist die Aktivität der Isopoden im Jahresverlauf stark feuchtigkeits- und temperaturabhängig. Bei Trockenheit im Sommer sind sie eher nachts und innerhalb des Lückensystems der oberen Bodenschichten aktiv. Im feuchten Herbst sind sie oberflächlich im frisch angefallenen Laub zu finden. Die Lebensdauer von Asseln kann ein bis vier Jahre betragen (DUNGER & FIEDLER 1989).

Die in der vorliegenden Arbeit erfaßten Arten werden nach STRESEMANN (1992), TISCHLER (1980b) und EISENBEIS & WICHARD (1985) charakterisiert. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach GRUNER (1965 und 1966).

*Armadillidium nasatum* (BUDDE-LUND 1885)

Ökologischer Zeiger: Xerophil, thermophil

Im Verbreitungsgebiet nicht nur in Gewächshäusern und deren Umgebung, sondern auch in (extrem) trockenen und sonnigen Lebensräumen zu finden. Diese wärmeliebende Art ist oftmals massenhaft vorhanden.

*Armadillidium vulgare* (LATREILLE 1804)

Ökologischer Zeiger: Xerophil, calciphil

Diese ursprünglich aus den Mittelmeerländern stammende Art ist im gesamten Bundesgebiet überall häufig und besonders an sonnigen und trockenen Stellen zu entdecken. *Armadillidium vulgare* ist kalkliebend und besitzt eine relativ große Toleranzbreite bei Trockenheit und Nässe. Sie kommt u.a. auch auf Sturmwurfflächen vor.

*Hyloniscus riparius* (C.L. KOCH 1838)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

In ganz Mitteleuropa verbreitet, kommt im Norden jedoch meist nur in Gewächshäusern vor.

*Oniscus asellus* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, mesohygrophil

Die sehr häufig vorkommende Mauerassel lebt vor allem innerhalb oder in der Nähe menschlicher Siedlungen in mäßig feuchten Lebensräumen und kommt ansonsten häufig in Laubwäldern vor.

*Philoscia affinis* (VERHOEFF 1908)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

Diese Art lebt in feuchteren Lebensräumen.

*Philoscia muscorum* (SCOPOLI 1763)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

Wie *Philoscia affinis*.

*Porcellio scaber* (LATREILLE 1804)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, xerophil bis mesohygrophil

Die Kellerassel lebt in ihrem Verbreitungsgebiet fast ausschließlich synanthrop an trockenen bis mäßig feuchten Stellen.

*Porcellio spinicornis* (SAY 1818)

Ökologischer Zeiger: Oft synanthrop, xerophil

Im gesamten Verbreitungsgebiet besonders an trockenen (bis mäßig feuchten), sonnigen Orten. In den niederen Lagen fast ausschließlich synanthrop.

*Trachelipus rathkii* (BRANDT 1833)

Ökologischer Zeiger: Ubiquist, trocken- und feuchteterant

*Trachelipus rathkii* kommt an den unterschiedlichsten Stellen sehr häufig vor, u.a. in Mooren und in waldarmen Agrarlandschaften in weiten Teilen Europas. Diese Art zeichnet sich durch eine hohe Toleranz gegenüber Trockenheit und Nässe aus.

*Trichoniscus pusillus* (BRANDT 1833)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil

Diese Art kommt im gesamten Bundesgebiet vor, u.a. auf Sturmwurfflächen, und bevorzugt eher feuchte Lebensräume. *Trichoniscus pusillus* pflanzt sich überwiegend parthenogenetisch fort.

## 6.2.4 Artenspektrum und Charakterisierung der erfaßten Diplopoda

Diplopoden bevorzugen Laubwälder auf kalkhaltigem Boden, die mit ihren Laub- und Streuschichten und ihrer gleichmäßigen Luftfeuchtigkeit ideale Lebensbedingungen bieten (ATTEMS 1931, THIELE 1959). Unter optimalen Bedingungen sind Siedlungsdichten von 100-400 Individuen / m<sup>2</sup> möglich (DUNGER & FIEDLER 1989). Obwohl die Tausendfüßer Calciumionen zum Aufbau ihrer durch Kalkeinlagerungen gehärteten Cuticula benötigen (SCHUBART 1934), haben weder Kalkgehalt noch pH-Wert einen direkten Einfluß auf die Besiedlungsdichte (THIELE 1959, WEGENSTEINER 1982). Das Feuchtigkeitsbedürfnis der Tausendfüßer ist hoch und rührt aus dem angepaßten Leben im Boden bei hoher Luftfeuchtigkeit her, zugleich ist es auf den unvollständig entwickelten Verdunstungsschutz (durch das Fehlen einer Lipidschicht auf der Epicuticula) zurückzuführen (EISENBEIS & WICHARD 1985). Deshalb sind Diplopoden größtenteils auf feuchte bis mäßig feuchte, aber nicht nasse Verhältnisse angewiesen und bestrebt, Schutz vor Austrocknung und direkter Sonneneinstrahlung unter Steinen, Baumstubben u.ä. zu suchen. Hohe Temperaturen um 30° C können nur bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit (98%) noch gut ertragen werden. Temperaturen um den Gefrierpunkt werden dagegen besser toleriert (WEGENSTEINER 1982). Zum Überdauern der trocken-heißen Jahreszeit sind auch Sommerruhen bekannt (KINKEL 1955). Die Lebensweise der Diplopoda ist hemiedaphisch oder epedaphisch, d.h. die Tiere kommen normalerweise in der Streuschicht der oberen 10-20 cm des Bodens vor. Manche Arten können sich aber beispielsweise bei Trockenheiten tiefer in das Erdreich eingraben (DUNGER 1983). Vielfach konnten bei den grabfähigen Diplopodenarten tagesperiodische und saisonale Vertikalbewegungen beobachtet werden (HAACKER 1967, DUNGER 1983, BAKER 1974). Neben dem ausgeprägten Feuchtigkeitsbedürfnis zeigen die Diplopoda eine Hell-Dunkel-Orientierung (Skototaxis), mit dem Bestreben, dunkle Stellen aufzusuchen (EISENBEIS & WICHARD 1985). Das jahreszeitliche Auftreten der verschiedenen Tausendfüßerarten ist je nach Art unterschiedlich (VERHOEFF 1913, SEIFERT 1961, KLIMM 1985): Manche Arten sind nur während der Sommermonate, andere das ganze Jahr über mit unterschiedlichen Aktivitätsmaxima zu finden. Die meisten Diplopoden halten eine obligatorische Winterruhe. Die Entwicklung vom Schlüpfen aus den im Boden abgelegten Eiern bis zum geschlechtsreifen Tier dauert in der Regel etwa 20 Monate (SCHUBART 1934). Ihre Lebensdauer kann sechs Monate (saisonale Arten) bis zu zehn Jahre betragen (DUNGER & FIEDLER 1989, SEIFERT 1961, SCHUBART 1934, HALKKA 1958). Als reine Pflanzenfresser gehören die Diplopoda zu den saprophytophagen Primärzersettern im Boden, die nebenbei auch als makrophytophage Konsumenten nicht mikrobiell zersetztes Falllaub zu sich nehmen (EISENBEIS & WICHARD 1985). Ihre bodenbiologische Bedeutung besteht in der Wühltätigkeit und vor allem in der Umsetzung des Bestandsabfalls, was die Tausendfüßer zu einer außerordentlich bedeutsamen Tiergruppe macht (DUNGER 1983). Aufgrund der Tatsache, daß die Tausendfüßer schlechte Futterverwerter sind, ist ihr Futterbedarf hoch. Das Maß der Nahrungsausnutzung hängt von der Qualität des Pflanzenmaterials und der Artenzusammensetzung der Diplopodenpopulation ab (TISCHLER 1958, DUNGER 1983, STRIGANOVA 1975). Sie bevorzugen weiche Blattarten und vor allem bereits mikrobiell zersetztes Pflanzenmaterial (DUNGER 1983, SCHMIDT 1952). Nach der Darmassage des gefressenen Pflanzenmaterials entstehen Kotballen aus einer Mischung von aufgeschlossener Streu und mineralischen Bodenteilen. Die Diplopoden sind, ebenso wie die Oligochaeten, wesentlich an der Bildung der fruchtbaren Ton-Humus-Komplexe beteiligt (SCHMIDT 1952, BLOWER 1955, DUNGER 1983) und spielen somit eine wichtige Rolle für die Bodenfruchtbarkeit.

Die im Rahmen dieser Untersuchung erfaßten Arten werden im Folgenden nach STRESEMANN (1992), KLIMM (1985), BLOWER (1985) und SCHUBART (1934) charakterisiert. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach SPELDA (1991).

### *Brachyiulus pusillus* (LEACH 1815)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, eurytop, thermophil

Diese eurytope Art kommt synanthrop vor, jedoch auch in Feuchthabitaten und gilt als typischer Bewohner von Kulturland. Sie besiedelt weiterhin Wald-, Wiesen-, Feld- und Uferbiotope.

### *Cylindroiulus britannicus* (VERHOEFF 1891)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, Kompost- und Gartenart

Diese synanthrope Garten- und Kompostart wurde erst 1985 für Baden-Württemberg nachgewiesen.

*Cylindroiulus caeruleocinctus* (WOOD 1864)

Ökologischer Zeiger: Eurytop

*Cylindroiulus caeruleocinctus* ist eine charakteristische Offenlandart. Dieser euryöke Tausendfüßer kommt auf Halbtrockenrasen dominant vor und kann dort als Monitoring-Art für die Bewertung von Pflegemaßnahmen herangezogen werden (SPELDA 1996).

*Cylindroiulus punctatus* (LEACH 1815)

Ökologischer Zeiger: Eurytop

Diese eurytopye Art ist als Totholzbewohner bekannt und kommt in Gebüsch und Wäldern vor.

*Nopoiulus kochii* (GERVAIS 1847)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, thermophil

*Nopoiulus kochii* ist eine synanthrope, thermophile Garten- und Kompostart.

*Ommatoiulus sabulosus* (LINNAEUS 1758)

Ökologischer Zeiger: Mesohygrophil

Diese Art ist charakteristisch für stärker gehölz bewachsene Trockenrasenflächen und bevorzugt Saumflächen.

*Ophiulus pilosus* (NEWPORT 1842)

Ökologischer Zeiger: Synanthrop, eurytop

Diese Art wurde für Baden-Württemberg ebenfalls erst 1991 nachgewiesen. *Ophiulus pilosus* ist eurytop und teilweise synanthrop und kommt in Wäldern und Gärten sowie im Offenland und im Voralpenraum vor.

*Oxidus gracilis* (C.L. KOCH 1847)

Ökologischer Zeiger: Thermophil

*Oxidus gracilis* stellt eine typische Gewächshausart dar.

*Polydesmus angustus* (LATZEL 1884)

Ökologischer Zeiger: Hygrophil, stenotop

Diese stenöke, hygrophile Art kommt besonders im Westen Deutschlands vor und lebt in Wäldern und Gebüsch.

*Polydesmus superus* (LATZEL 1884)

Ökologischer Zeiger: Thermophil, eurytop

*Polydesmus superus* bewohnt als synanthrope, euryöke und hygrophile Art verschiedene Kulturlächen und kommt im Rheintal in Wäldern und Weinbergen vor.

## 6.3 Diskussion

### 6.3.1 Charakterisierung der Vegetationsformen durch verschiedene Tiergruppen, insbesondere durch Arten der Bodenmakrofauna

Nur wenige der bisher vorliegenden Untersuchungen zur Dachzoozönose gehen in ihrer zentralen Fragestellung auf eine faunistische Charakterisierung und Unterscheidung der verschiedenen Vegetationsformen und Begrünungsarten (extensiv, intensiv) ein (ZIMMERMANN 1987, MANN 1994, ansatzweise BONN 1996, MECKE 1996). Im Folgenden wurden die Ergebnisse der 17 im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit Barberfallen untersuchten Dächer mit den Ergebnissen anderer Autoren verglichen. Durch den Vergleich der Aktivitätsdominanz (soweit diese bei anderen Veröffentlichungen vorhanden bzw. nachzuvollziehen sind) sollen zumindest Aussagen über die voraussichtlichen Besiedler auf unterschiedlichen Dachbegrünungsformen gemacht werden.

Abb. 20 zeigt eine Clusteranalyse mit den Dominanzwerten aller erfaßten Tiergruppen:

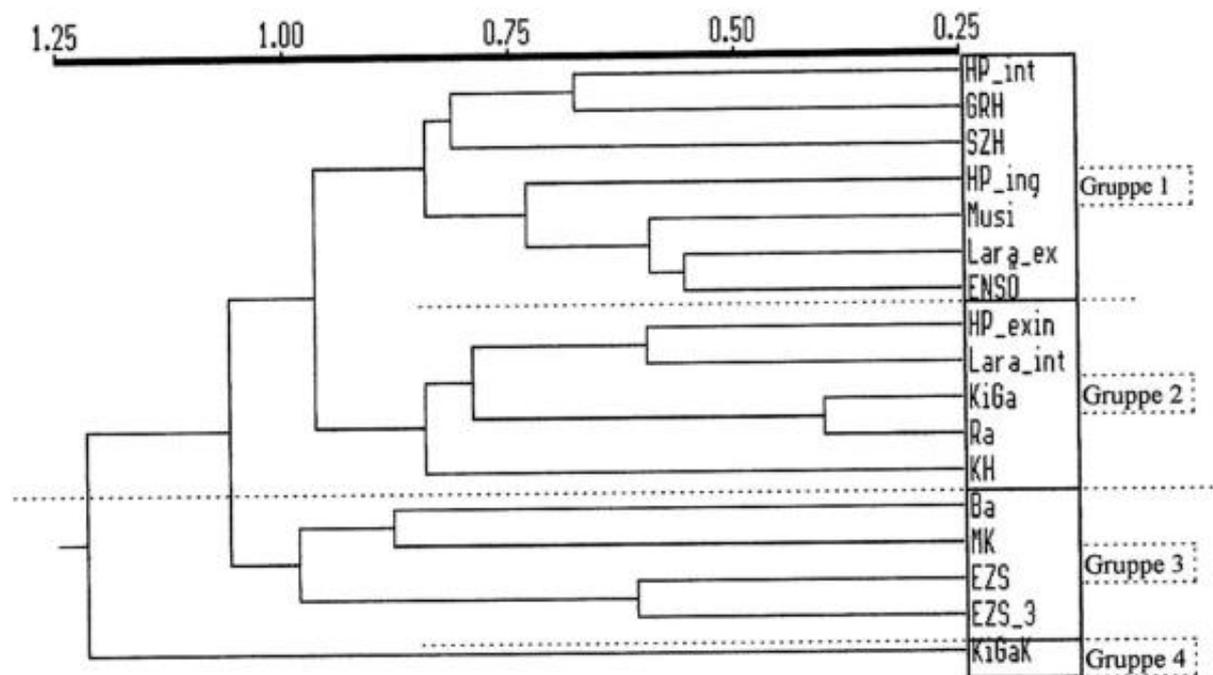


Abb. 20: Dendrogramm aus den Dominanzen der Praxisobjekte aufgrund aller erfaßter Tiergruppen. Die Unähnlichkeit der mit einem Balken verbundenen Dächer nimmt von rechts nach links zu.

Die Clusteranalyse zeigt eine Trennung in vier Gruppen, die sich nicht nur hinsichtlich der Faunenzusammensetzung, sondern auch in ihrem Erscheinungsbild der Vegetationen gleichen:

**Gruppe 1:** In dieser Gruppe sind alle intensiven Dachbegrünungen (Hohe Stauden und Sträucher; *HPint*, *SZH*, *HPing*, *Musi*) vertreten, die durch zwei extensiv-intensive Dächer (Wildstauden-Gehölze; *Laraex*, *ENSÖ*) und ein Extensivdach mit Anhöhe (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden; *GRH*) ergänzt werden. Dabei sind sich *Laraex* und *ENSÖ* bzw. *HPint* und

*GRH* sehr ähnlich. Die beiden erstgenannten Dächer zeichnen sich durch vielfältige extensive Bereiche (mit Sedum- und Sedum-Gras-Kraut-Begrünung) und intensiv begrünte Areale (mit Stauden und Gehölzen) aus. *HPint* und *GRH* sind ältere, kleinere Dächer, die schon längere Zeit sich selbst überlassen wurden und größtenteils aus einer Gehölz-Vegetation bestehen. Bei *GRH* war im Gegensatz zu *HPint* keine automatische Bewässerung vorhanden.

Gruppe 2: Außer dem älteren Objekt *KH* (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden) gehören alle Dächer (*HPexin*, *Laraint*, *KiGa*, *Ra*) zu den extensiv-intensiven Dachbegrünungen. Hinsichtlich ihrer Faunen stehen sich *HPexin* und *Laraint* (beides relativ kleine Dachbegrünungen, deren intensiv begrünten Bereiche nahezu 50 % der Fläche ausmachten) sowie *KiGa* und *Ra* sehr nahe.

Die Dächer *KiGa* und *Ra* stellten sich als größere Flächen mit mehreren intensiven Bereichen dar. Die vier extensiv-intensiven Dächer sind in ihren Tiergemeinschaften ähnlicher, als die Zoozönose des Daches *KH*.

Gruppe 3: Das Erscheinungsbild der Vegetation dieser Gruppe ist heterogener als das der Gruppen 1 und 2, da neben den beiden flachgründigen Extensivbegrünungen *Ba* (Moos-Sedum) und *Mk* (Sedum-Gras-Kraut) auch die beiden mit Anhögelungen aufgewerteten Extensivbegrünungen *EZS* und *EZS3* (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden) stehen. Jedoch bestanden etwa 90-95 % der Flächen von *EZS* und *EZS3* aus einer Sedum-Gras-Kraut-Begrünung, die dem Vegetationsaspekt von *Ba* und *Mk* nicht unähnlich war.

*EZS* und *EZS3* sind zwei, durch das aufsteigende Gebäude voneinander getrennte Dachflächen eines Bauwerkes. Beide Flächen sind zur gleichen Zeit in sehr ähnlicher Art (Substrat, Schichthöhe, Pflanzen, usw.) angelegt worden. Die einzigen Unterschiede sind die unterschiedlichen Flächengrößen (*EZS* ist größer) und die Lage zum Gebäude. Bei gleicher Fallenzahl und Fangdauer sind nahezu gleiche Aktivitätsdichten und Dominanzen ermittelt worden, was sich auch im Dendrogramm widerspiegelt.

Gruppe 4: Die extensive Gras-Kraut-Begrünung des Daches *KiGaK* ist allen anderen Dächern am unähnlichsten und kann aufgrund ihrer Vegetation am ehesten der Gruppe 3 zugeordnet werden. Die häufigste Tiergruppe sind die Spinnen wie auf *Ba* und *Mk*. *KiGaK* ist seit der Anlage nicht gepflegt worden (weder Rückschnitt noch Nährstoffzugabe) und befindet sich in der Sukzessionsphase, die möglicherweise in einer Sedum-Gras-Kraut-Vegetation endet (vgl. Abb. 1); wahrscheinlich nimmt dieses Dach deshalb eine Sonderstellung ein.

Festzuhalten ist, daß anhand der Clusteranalyse eine Faunen-Ähnlichkeit der folgenden Begrünungsarten bzw. Vegetationsformen untereinander verdeutlicht werden kann:

- intensiv (Hohe Stauden und Sträucher)
- extensiv-intensiv (Wildstauden-Gehölze)
- extensiv (Moos-Sedum und Sedum-Gras-Kraut)

Demzufolge kann Dachbegrünungen je nach Ausbildungsart (Vegetationsform) eine eigene Tiergemeinschaft zugewiesen werden.

Die Begrünungsart extensiv mit Anhögelung (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden) konnte keiner Gruppe stärker zugeordnet werden, da hier extensive oder intensive Aspekte, je nach Dachgegebenheit (Größe, Alter, Fallenstandorte), überwiegen können.

Abb. 21 zeigt Dominanzverhältnisse einer extensiven, extensiv-intensiven und intensiven Dachbegrünung, wie sie in der vorliegenden Arbeit ermittelt wurden.

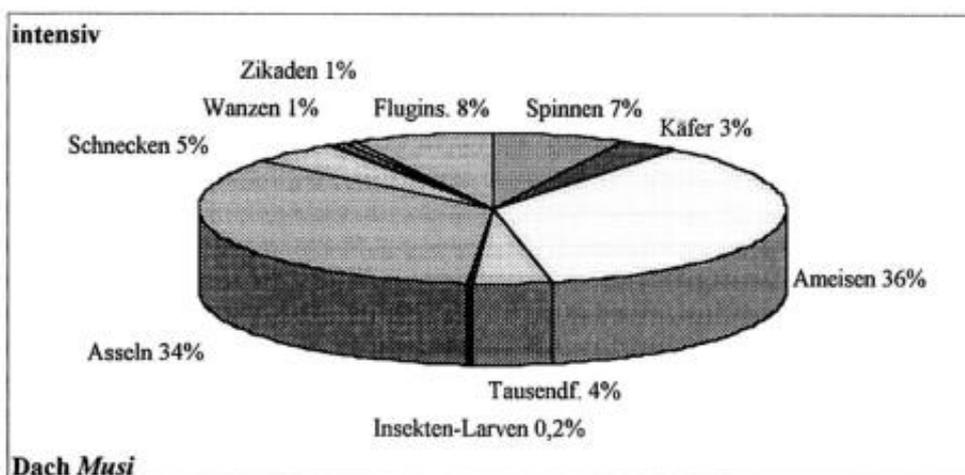
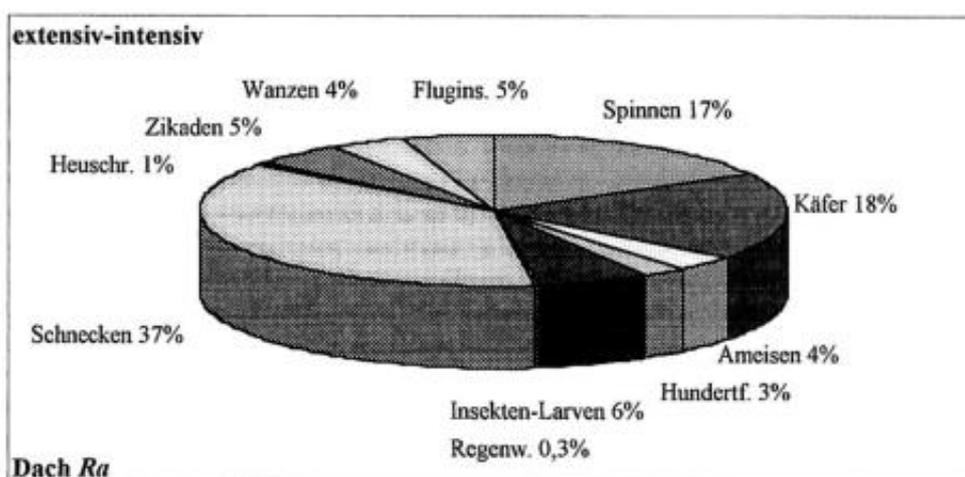
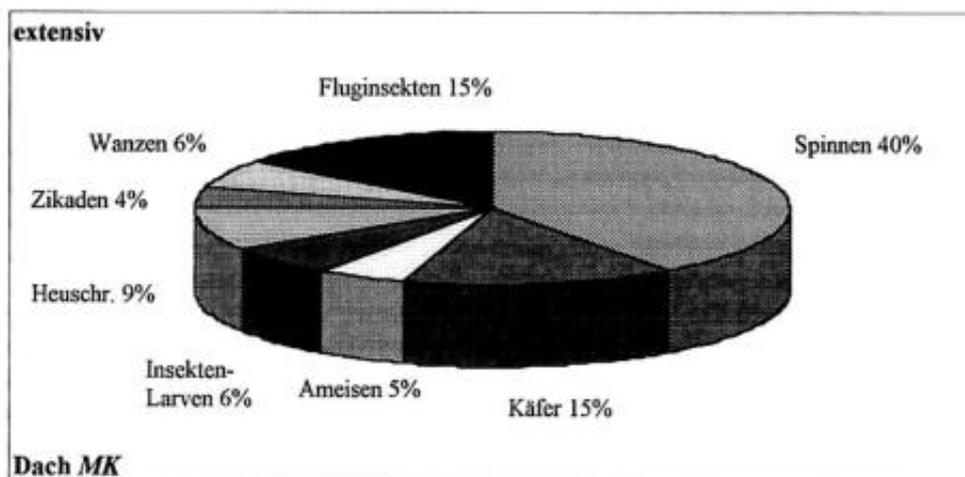


Abb. 21: Dominanzen der erfaßten Tiergruppen unterschiedlicher Begrünungsformen

Im Vergleich dazu werden die Ergebnisse zweier von MECKE (1996) untersuchten Dächer (extensiv und intensiv) dargestellt (Abb. 22).

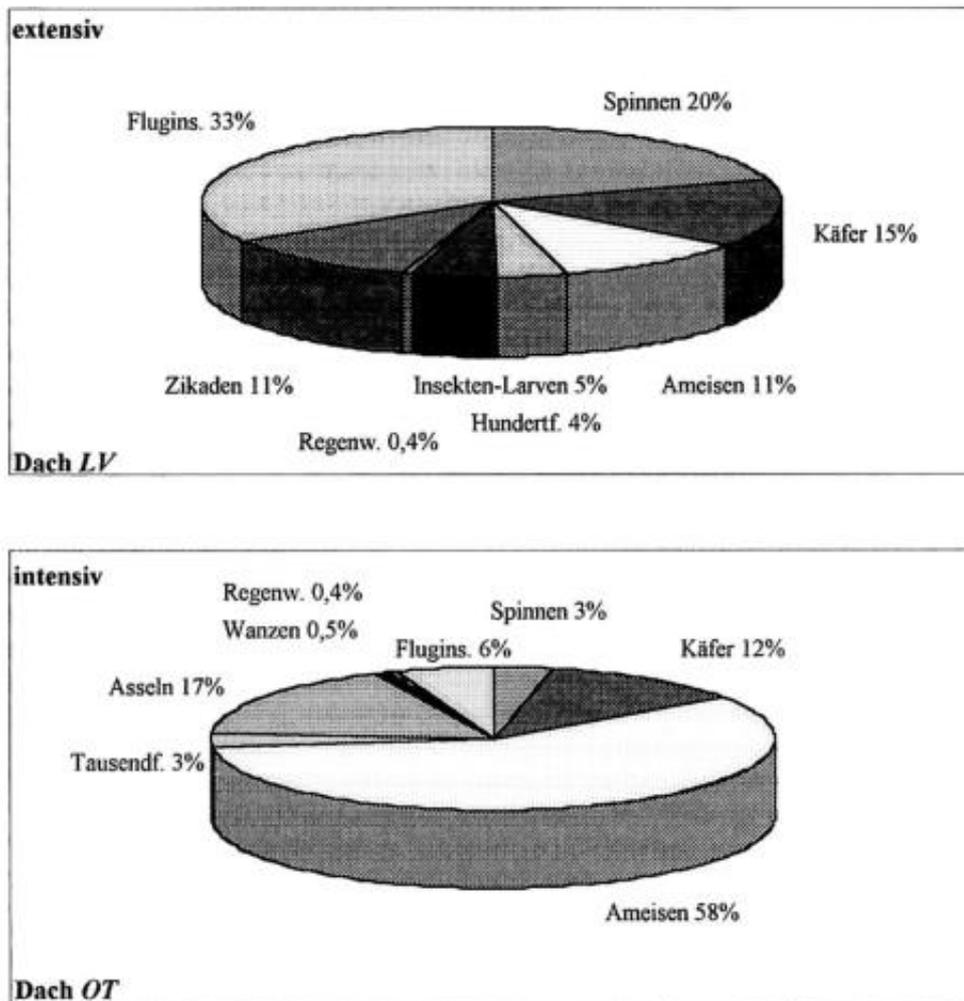


Abb. 22: Dominanzen der erfaßten Tiergruppen unterschiedlicher Begrünungsformen aus MECKE (1996). Zur Vergleichbarkeit mit Abb. 21 sind die Gruppen „Collembola“ und „Acari“ nicht berücksichtigt worden.

Betrachtet man die (eu)dominanten Tiergruppen der von anderen Autoren untersuchten Dachbegrünungen, so zeigen sich große Ähnlichkeiten: Bei extensiv begrünnten Dachflächen kamen, unabhängig davon, ob es sich um eine Sedum-Gras-Kraut- oder Gras-Kraut-Begrünung handelte, meistens die hochmobilen Taxa „Fluginsekten“, Käfer und Spinnen vor (MECKE 1996, ZIMMERMANN 1987, MANN 1994, RIEDMILLER 1991, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch MÜLLER (1988) bei sehr gut miteinander vergleichbaren Dächern (beide mit dem gleichen Aufbau, Substrat und ähnlichem Alter). Zumindest bei den dominanten Tiergruppen ergaben sich identische Dominanzstrukturen. MECKE (1996) konnte die größte Ähnlichkeit innerhalb von acht untersuchten Dächern zwischen zwei sehr ähnlichen Gras-Kraut-Begrünungen feststellen, die sich auf zwei untereinander liegenden Flächen befanden; er kam zum Schluß, daß Dachflächen mit gleicher Vegetation auch die gleiche Fauna beherbergen. BONN (1996) teilte die untersuchten Extensivbegrünungen nach einer Clusteranalyse in drei Vegetationsgruppen: nicht vollständig schließende Sedum-Gras-Kraut-Begrünungen, nicht vollständig deckende Gras-Kraut-

Begrünungen und vollständig deckende Gras-Kraut-Begrünungen. Dabei stiegen neben dem Deckungsgrad auch die Vegetationshöhe und die Substratstärke. Kiesdächer wurden der ersten Gruppe zugeordnet.

Die beiden bei MECKE (1996) untersuchten Intensivbegrünungen wiesen ebenso wie die zwei Dächer *HPint* und *Musi* Ameisen und Asseln als dominante Tiergruppen auf.

Die sechs hier untersuchten Dächer *HPexin*, *KiGa*, *Laraex*, *Ra*, *ENSÖ* und *Laraint* mit einer Wildstauden-Gehölze-Begrünung (extensiv-intensiv) beherbergten ausnahmslos Gastropoden als eine der dominanten oder sogar eudominanten Tiergruppen. Ein Vergleich zu anderen Autoren ist nicht möglich, da keine Dachbegrünung mit dieser Vegetationsform bislang untersucht wurde.

Kiesdächer sind aufgrund der Dominanzstrukturen ihrer Fauna den extensiven Gründächern näher als den intensiv begrünten Dachflächen (ZIMMERMANN 1987, MECKE 1996).

Ungeklärt ist, ob intensiv begrünte Dächer eine höhere Aktivitätsdichte aufweisen als Extensivbegrünungen. ZIMMERMANN (1987) und MANN (1994) stellten auf Intensivbegrünungen mehr Individuen fest, dagegen konnte MECKE (1996) keine Unterschiede zwischen intensiven und extensiven Dächern beobachten.

Aus diesen Erkenntnissen läßt sich ableiten, daß der Biotop „Extensivdach“ hauptsächlich von sehr vagilen Tierarten besiedelt wird. Ihr Aufenthalt ist meist zeitlich begrenzt. Der Biotop „Intensivdach“ wird auch von weniger mobilen Taxa aufgesucht. Er bietet ihnen einen dauerhaften Lebensraum.

Extensive Dachbegrünungen, vor allem mit geringer Substratauflage, werden als Extremlebensräume mit hoher Besiedlungsdynamik beschrieben, die je nach Jahreszeit und Witterung Zu- und Abwanderungsprozessen unterliegen (u.a. JOGER & VOWINKEL 1992, RIEDMILLER 1994). Die meisten Tierpopulationen brechen aufgrund des winterlichen Durchfrierens des Substrates zusammen und müssen im Folgejahr das Dach neu besiedeln (HIRSCHFELDER 1991, JOGER & VOWINKEL 1992, RIEDMILLER 1994). Nur für einige Laufkäfer- und Spinnenarten konnte über Larven- und Überwinterungsnachweise eine mögliche Dauerbesiedlung vermutet werden (HIRSCHFELDER 1991, BONN 1996, MECKE 1996). Nach RIEDMILLER (1991) besiedeln Kleintiere wie Milben, Wanzen, Spinnen und Kürzflügelkäfer der Unterfamilie Aleocharinae auch flachgründige Extensivbegrünungen über Jahre hinweg.

Bei der Untersuchung der Laufkäfer stellte sich heraus, daß bewachsene Dächer mit 3-9 Arten relativ artenarm sind (DARIUS & DREPPER 1983, KLAUSNITZER 1988, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, RIEDMILLER 1991, JOGER & VOWINKEL 1992, BONN 1996). Auf innerstädtischen Verkehrsinseln wurden im Vergleich dazu durchschnittlich 15 Arten ermittelt (FLISSE & ZUCCHI 1993). MANN (1994) und MECKE (1996) fanden Dächer mit 17 bzw. 14 Carabidenarten. Das Arteninventar zeigte dabei eine auffällig hohe Übereinstimmung (DARIUS & DREPPER 1983, KLAUSNITZER 1988, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, JOGER & VOWINKEL 1992, MANN 1994, MECKE 1996). Als Grund für das dominante Auftreten von phytophagen Carabiden auf Extensivdächern, insbesondere der Arten *Harpalus affinis* und *Amara aenea*, führten HIRSCHFELDER (1991) und ACHEL (1991) das begrenzte Ressourcenspektrum an. ACHEL (1991) stellte fest, daß der Anteil zoophager Käfer auf dem Dach nur 10 % beträgt. Der im Vergleich herangezogene Bodenstandort wies 50 % carnivore Käfer auf.

Bei den Spinnen traten hauptsächlich Arten aus der Familie der Linyphiidae auf. Besonders die Arten *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis* und *Meioneta rurestris* waren auf vielen Dächern sehr häufig zu finden (KLAUSNITZER et al. 1980, ACHEL 1991, RIEDMILLER 1991,

JOGER & VOWINKEL 1992, BONN 1996). FLISSE et al. (1992) und RENNER (1992) beschrieben *Erigone* als Pionierbesiedler, die gestörte Stadthabitate nutzen und dort hohe Abundanzen erreichen können.

Viele Arten der auf Dachbegrünungen beobachteten Wildbienen konnten bei verschiedenen Autoren nachgewiesen werden (RIEDMILLER 1991, JOGER & VOWINKEL 1992, MANN 1994, MECKE 1996), wobei RIEDMILLER (1994) die umfangreichste Untersuchung unternahm und dabei in drei Jahren über 50 Arten auf einem Extensivdach ermittelte. Viele dieser Arten konnte schon HAESELER (1972) in anderen Stadthabitaten beobachten. Wildbienen können bei ihren Flügen nicht nur stark isolierte Dächer im Stadtzentrum erreichen, sondern dabei auch große Höhen überwinden (MECKE 1996: 12-15 m, RIEDMILLER 1994: 23 m).

Heuschrecken, insbesondere die *Chorthippus*-Arten, erobern innerhalb eines Jahres den neuentstandenen Biotop auf dem Dach (MÜLLER 1988, MANN 1994, BONN 1996), was sich auch auf der Versuchsanlage ENSÖ (Kapitel 5) zeigte. Bei der Begehung der 125 Dächer der vorliegenden Untersuchung wurden Feldheuschrecken (Caelifera) fast ausschließlich auf Dachbegrünungen gefunden, die zumindest einen geringen Deckungsgrad an Gräsern hatten. Moos-Sedum-Begrünungen und Intensivdächer (Hohe Stauden und Sträucher) boten den Heuschrecken kein entsprechendes Habitat. MANN (1996a) fand bei Untersuchungen eines Linzer Moos-Sedum-Daches auf der großen Hauptfläche keine Caelifera, konnte jedoch auf einer viel kleineren Nebenfläche, die allerdings einen Gräseranteil von etwa 60 % aufwies, eine hohe Individuendichte beobachten.

Ganz entscheidenden Einfluß auf das Vorkommen und Überleben von Tieren auf bewachsenen Dächern hat die dort anzutreffende Lebensraumqualität. BONN (1996) kommt zu dem Schluß, daß die Habitatqualität wichtiger ist als die Flächengröße und das benachbarte Umland (vgl. auch MAC ARTHUR & WILSON 1967). Demnach gilt:

Hohe Artenzahlen und Diversitätswerte gibt es ausschließlich auf begrünten Dächern mit räumlich vielfältiger Struktur und hoher Pflanzenvielfalt (ZIMMERMANN 1987, HIRSCHFELDER 1991, MANN 1994, MECKE 1996).

BONN (1996) ermittelte eine positive Korrelation zwischen Vegetation (Stratum, Deckungsgrad) und Fauna (Individuen- und Artenzahl) und ging davon aus, daß mit zunehmender Höhe der Vegetation auch die Strukturvielfalt steigt. MÜLLER (1988) nahm zur Ermittlung der Strukturdiversität seiner untersuchten Dachbegrünungen nicht nur die Vegetation mit Artenvielfalt, Bedeckungsgrad und Wuchshöhe als einzige Kriterien, sondern ergänzte dies mit Parametern wie Sonnen- und Schattenstellen, Steinen bzw. Totholz und Reliefunterschieden. Er kam zu dem Ergebnis, daß Struktur- und Artendiversität positiv korrelieren. ZIMMERMANN (1987), MANN (1994) und MECKE (1996) stellten fest, daß die Artenzahlen verschiedener Tiergruppen auf reinen Intensivbegrünungen geringer sind als auf extensiven Dachbegrünungen. MANN (1994), RIEDMILLER (1994) und MECKE (1996) ermittelten dies vor allem in Bezug auf Wildbienen, die Intensivbegrünungen aufgrund der oftmals geringen Blütenattraktivität selten bzw. gar nicht zur Nahrungssuche anfliegen. Der im Vergleich zu extensiven Begrünungsformen geringere Blühaspekt ist auf die artenärmere Vegetation zurückzuführen, die teilweise auch noch von nicht-heimischen Ziersträuchern bestimmt wird (ZIMMERMANN 1987, MANN 1994, RIEDMILLER 1994). Dagegen sind bei Intensivbegrünungen mit höherer Pflanzenvielfalt auch mehr Tierarten nachzuweisen (MANN 1994, MECKE 1996).

Wie aus Tab. 20 hervorgeht, können die Aktivitätsdichten in verschiedenen Fällen auf einer Dachfläche je nach Standort stark differieren. Das stellten auch HIRSCHFELDER (1991), RIEDMILLER (1991) und BONN (1996) fest. Nach BONN (1996) sind dafür die Substrattie-

fe und damit die Vegetationsausprägung, nach RIEDMILLER (1991) und HIRSCHFELDER (1991) vor allem schattenspendende Strukturen (wie überhängende Sträucher und dicht bewachsene Stellen) als faunenfördernde Faktoren entscheidend.

Nach TURIN et al. (1991) sind Laufkäfer an unterschiedliche Feuchtefaktoren und damit an bestimmte Vegetationseinheiten gebunden und werden durch Vegetationsstrukturen beeinflusst (BOER 1982, HEYDEMANN 1956b). Besonders für Spinnen hat die Struktur der Lebensräume eine große Bedeutung. Es bestehen Korrelationen zwischen Vegetationsstruktur und Artendiversität (DUFFEY 1966, HURD & FAGAN 1992). Bedingt durch die höherwüchsige Vegetation konnten Wespenspinnen auf der Versuchsanlage *ENSÖ* nur auf bestimmten Flächen gefunden werden. Auf einer extensiv-intensiven Dachbegrünung (Wildstauden-Gehölze, *PLK*) in Tübingen konnte ebenfalls eine Wespenspinne beobachtet werden. Die Bedeutung einer attraktiven, arten- und blütenreichen Pflanzenwelt für Wildbienen ist von MANN (1994) und RIEDMILLER (1991 und 1994) diskutiert worden. RIEDMILLER (1991) sieht hinsichtlich der Apoidea-Fauna ein mit Crassulaceen bewachsenes Dach für wertvoller an als ein Gras-Dach.

MÜLLER (1988), RIEDMILLER (1991), ACHEL (1991) und HIRSCHFELDER (1991) gehen davon aus, daß sich temperatur- und trockenheitsempfindliche Makrosaprophagen, wie Regenwürmer, Schnecken, Asseln und Tausendfüßer, auf extensiv begrünten Dächern aufgrund der Extrembedingungen nicht über längere Zeit halten können. Damit fehlt nicht nur die Nahrung für carnivore Tiere, auch der für Bodenstandorte typische Stoffabbau ist nicht möglich. Aus diesem Grund vermutete HIRSCHFELDER (1991) nur einen begrenzten Energiefluß auf begrünten Dächern. MÜLLER (1988) und RIEDMILLER (1991) gingen davon aus, daß Collembolen, Acari und Dipterenlarven die Funktion der fehlenden bodenbildenden Tiergruppen übernehmen. Die bei den meisten Untersuchungen festgestellten hohen Aktivitätsdichten und Abundanzen der Collembolen und Acari, die immer die häufigsten Tiergruppen darstellten, sprechen für diese Annahme (DARIUS & DREPPER 1983, MÜLLER 1988, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, RIEDMILLER 1991). Bei MÜLLER (1988) waren 95 % aller Individuen Springschwänze, ACHEL (1991) zählte 1.000 bis 2.000 Individuen pro 0,25 m<sup>2</sup> und DARIUS & DREPPER (1983) ermittelten 10.000 bis 25.000 Hornmilben pro m<sup>2</sup>. KÜHNELT (1950) charakterisierte zwar Springschwänze als Rohhumusbildner bei ungünstigen Feuchtigkeitsbedingungen, dennoch ist fraglich, ob eine vollständige Zersetzung des Bestandsabfalls gewährleistet ist oder ob es analog den Podsolen zu einer Rohhumusaufgabe kommt, wie es LEHMANN (1985) für Dachstandorte beschrieb. MECKE (1996) beobachtete auf intensiv begrünten Dachflächen, die eine Makrofauna beherbergten, deutlich weniger Springschwänze und Milben als auf Extensivbegrünungen.

Die vorliegende Untersuchung von 125 Dachbegrünungen ergab, daß sowohl auf extensiv als auch auf intensiv begrünten Dächern Bodentiere leben (Tab. 21). Dennoch sind, je nach Vegetationsform, Unterschiede erkennbar. Abb. 23 stellt im Zusammenhang mit der entsprechenden Vegetationsform dar, bei welchem Anteil der Dächer die jeweiligen Bodentiergruppen (Regenwürmer, Gehäuse- und Nacktschnecken, Asseln oder Doppelfüßer) nachgewiesen werden konnten.

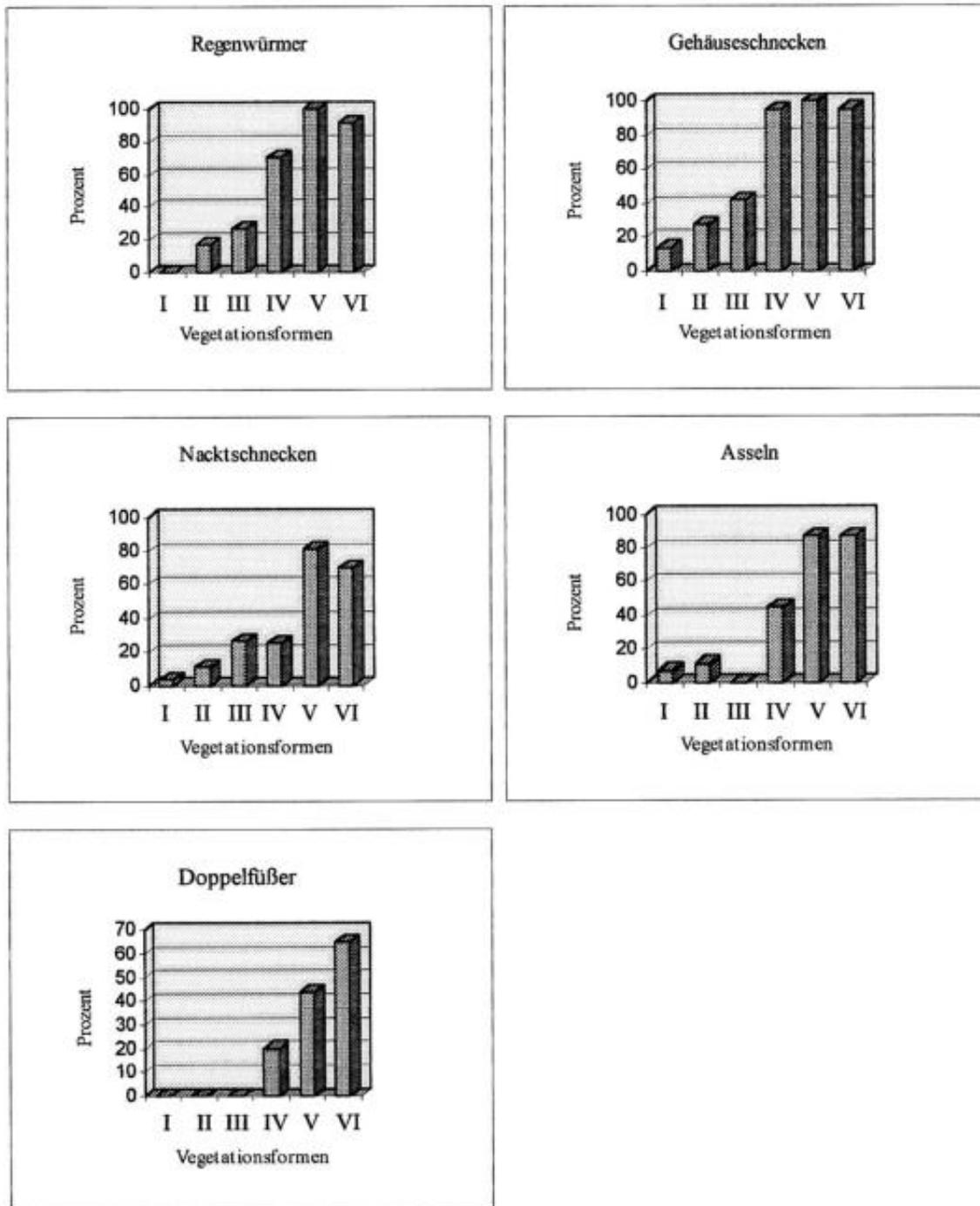


Abb. 23: Prozentualer Anteil der Dachbegrünungen, auf denen eine bestimmte Bodentiergruppe zu finden war. Die Dachbegrünungen sind nach Vegetationsformen (Kapitel 2.5.1) unterteilt: I = Moos-Sedum, II = Sedum-Gras-Kraut, III = Gras-Kraut, IV = Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden, V = Wildstauden-Gehölze, VI = Hohe Stauden und Sträucher

Die Säulendiagramme (Abb. 23) zeigen anschaulich, daß auf Moos-Sedum-Dächern nur selten, mit dichter und artenreicherer Vegetationsausbildung jedoch immer mehr Bodentiergruppen aufzufinden sind. Dies gilt bis zu den intensiven Begrünungsformen (Wildstauden-Gehölze und Hohe Stauden und Sträucher), auf denen fast immer eines der genannten Taxa

vorkommt. In Abb. 23 fällt auf, daß sich zwei „Säulengruppen“ deutlich voneinander unterscheiden:

Auf der linken Seite (I, II, III) die drei extensiven Begrünungsformen (Moos-Sedum, Sedum-Gras-Kraut und Gras-Kraut) und auf der rechten Seite (V, VI) die zwei intensiven Dachbegrünungen (Wildstauden-Gehölze und Hohe Stauden und Sträucher). Die Vegetationsform IV (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden) kann nicht eindeutig einer der beiden Begrünungsformen zugeordnet werden. Tendenziell gehört sie jedoch zu den beiden intensiven Formen. Bei den Extensivbegrünungen gibt es zwar gewisse Abstufungen, jedoch sind in der Regel selten Bodentiere zu finden. Am ehesten wurden noch Gastropoden entdeckt. Lumbriciden konnten auf keiner der 29 begangenen Moos-Sedum-Begrünungen gefunden werden, dagegen wies jedes vierte der untersuchten Gras-Kraut-Dächer Lumbriciden auf. Auf extensiv begrüntem Dächern konnten keine Diplopoden und nur selten Isopoden beobachtet werden.

Diese Befunde stimmen somit nicht mit der Aussage von MÜLLER (1988) überein, der Dachbegrünungen als ungeeignete Lebensräume für Schnecken bezeichnete. BONN (1996) erwartete Makrosaprophagen eher auf Gras-Kraut-Begrünungen als auf Sedum-Dächern. ZIMMERMANN (1987), BONN (1996), MECKE (1996) und BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) konnten auf einigen Dachbegrünungen mit Gras-Kraut-Vegetationsform bestandsabbauende Bodentiere finden. Etwa die Hälfte bzw. ein Drittel dieser untersuchten Gras-Dächer beherbergten Regenwürmer bzw. Asseln. Das Vorkommen der Bodentiere wurde vor allem durch die schützende, dichtere und teilweise schon abgestorbene, verfilzende Vegetation der Gras-Kraut-Dächer begünstigt. Außer auf den von BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) begangenen Dächern konnten allerdings keine Tausendfüßer erfaßt werden. Nur bei zwei Dachbegrünungen mit einer Sedum-Gras-Kraut-Vegetation fanden sich Regenwürmer und Asseln (ZIMMERMANN 1987, MECKE 1996). Letztendlich überwog deutlich der Anteil an Extensivdächern, auf denen keine Bodentiere zu finden waren.

Ein Vergleich der in der vorliegenden Arbeit untersuchten intensiven Dächer mit denen anderer Autoren ergibt große Übereinstimmung: Im Gegensatz zu den Extensivbegrünungen wurden auf allen intensiven Dachbegrünungen Isopoden und Diplopoden gefunden. Der Anteil der Dächer mit Gastropoden und Lumbriciden war ebenfalls deutlich höher (ZIMMERMANN 1997, MANN 1994, BONN 1996, MECKE 1996).

Auf Intensivbegrünungen finden Bodentiere, insbesondere Asseln und Tausendfüßer, durch Sträucher und Kleinbäume bedingt ideale Lebensbedingungen hinsichtlich Nahrung und Habitate. Temperatur- und Feuchteverhältnisse sind relativ ausgeglichen und durch die hohen Substratschichten sind auch im Winter frostfreie Rückzugsmöglichkeiten in die Tiefe gegeben. Daraus läßt sich ableiten, daß sich dauerhafte Bodentierpopulationen etablieren können und daß natürliche Abbauprozesse des Bestandsabfalls auf intensiven Dachbegrünungen möglich sind (MANN 1994). HENNEBERG (mündliche Mitteilung) berichtete dies von einer älteren Intensivbegrünung mit bodendeckendem *Cotoneaster*, die sich ohne Pflege jahrelang selbst erhielt und wo sich auf dem eigentlichen Substrat eine etwa ein bis zwei Zentimeter starke Humusschicht gebildet hatte.

Interessant ist auch die Feststellung, daß die intensiven Begrünungen mit einer Wildstauden-Gehölze-Vegetation öfters Bodentiere aufwiesen als die Objekte mit einer Hohe Stauden und Sträucher-Vegetation (Ausnahme: Diplopoda). Das liegt eventuell in der größeren Struktur- und Habitatvielfalt und der erhöhten Feuchtigkeit (aufgrund niedrigerer Substratstärke bei gefällelosem Dach) der Wildstauden-Gehölze-Begrünungen.

Wie wichtig Rückzugsbereiche für frost- und trockenheitsempfindliche Bodentiere sind, zeigen die Resultate der Extensivbegrünungen, die mit Anhögelungen ergänzt wurden (Abb. 24 und 25): Der Anteil der „positiven“ Dächer, d.h. Dachbegrünungen mit Bodentieren, stieg im Vergleich zu den davor eingeordneten Extensivbegrünungen deutlich an.

BONN (1996) stellte bei den Untersuchungen verschiedener extensiver Dachbegrünungen fest, daß die meisten Bodentiere auf der mit einer 35 cm hohen Anhögelung ergänzten Begrünung vorkamen.

In Abb. 24 werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mittels einer Regressionsanalyse zusammengefaßt:

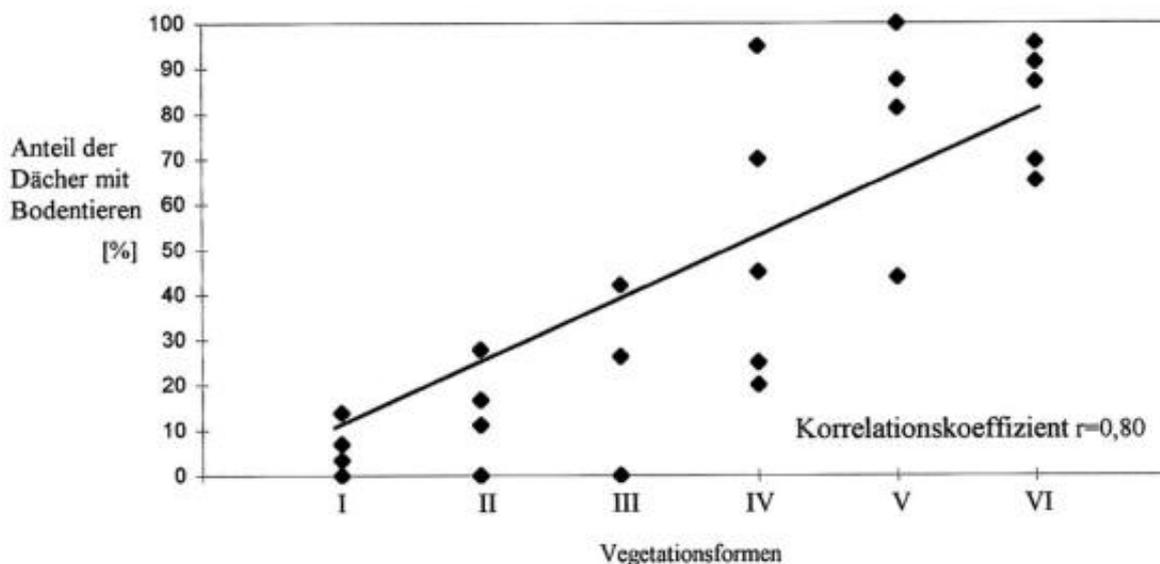


Abb. 24: Korrelation zwischen Vegetationsform und dem Vorhandensein von Bodentieren. I = Moos-Sedum, II = Sedum-Gras-Kraut, III = Gras-Kraut, IV = Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden, V = Wildstauden-Gehölze, VI = Hohe Stauden und Sträucher

Mit höher werdendem Substrataufbau und der damit verbundenen steigenden Vegetationsausprägung und Pflanzenhöhe steigt auch die Wahrscheinlichkeit, Individuen aus einer der benannten Bodentiergruppen zu finden. Es liegt eine positive Korrelation zwischen Vegetationsform und dem Vorhandensein von Bodentieren vor, die mit dem errechneten Korrelationskoeffizienten von 0,8 nach ZÖFEL (1992) als eine „hohe Korrelation“ einzustufen ist.

Die untersuchten Vegetationsformen unterschieden sich nicht nur im Auftreten von Bodentieren überhaupt, sondern auch in der Artenvielfalt (Abb. 25).

Danach steigt parallel zu der Wahrscheinlichkeit, in Abhängigkeit von der Vegetationsform überhaupt Tiere aus den angesprochenen Taxa zu finden, auch die Anzahl der gefundenen Arten an.

Die durchschnittliche Artenzahl liegt bei den Extensivbegrünungen um den Wert 1. Die Zahl steigt deutlich an, sobald extensive Flächen mit Anhögelungen aufgebessert werden. Relativ

hohe Artenzahlen (um den Wert 6) haben die beiden intensiven Begrünungsformen, wobei die Wildstauden-Gehölze-Begrünung als artenreicher einzustufen ist.

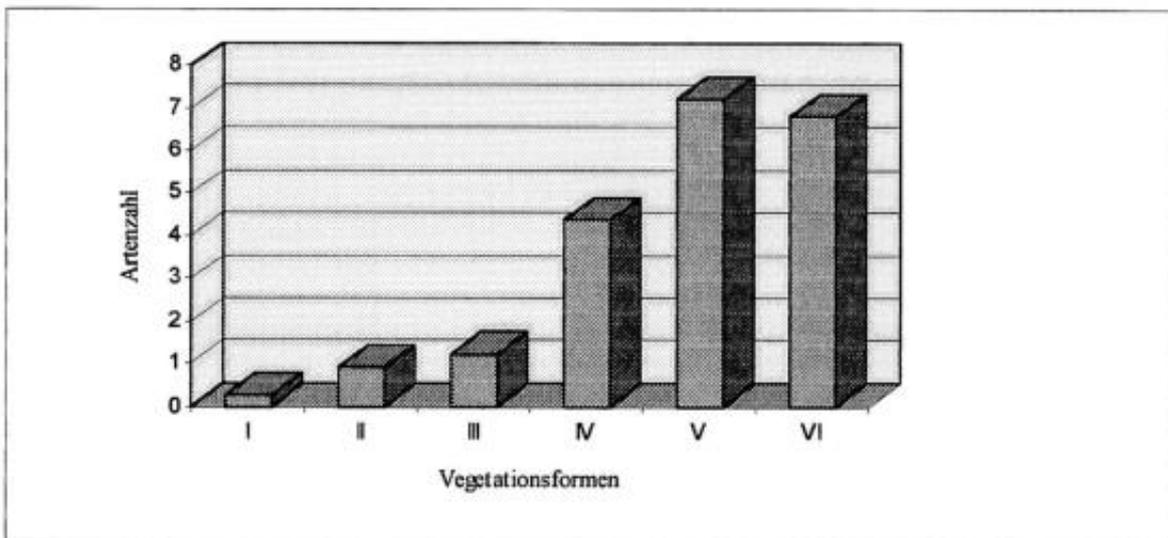


Abb. 25: Durchschnittliche Artenzahlen der Bodentiere in Abhängigkeit der Vegetationsformen. I = Moos-Sedum, II = Sedum-Gras-Kraut, III = Gras-Kraut, IV = Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden, V = Wildstauden-Gehölze, VI = Hohe Stauden und Sträucher

Insgesamt wurden auf allen untersuchten 125 Dachbegrünungen 52 Bodentierarten erfaßt. Die stärkste und somit auf den meisten Gründächern gefundene Gruppe stellten die Gastropoden mit 27 Arten dar, obwohl sie nach KÜHNELT (1970 und 1977) zu den in den Städten nicht besonders begünstigten Tiergruppen gehören. Sechs der 27 Arten waren Nacktschnecken, dies bedeutet einen Anteil von 22,2 %. Das deckt sich mit der Aussage von KLAUSNITZER (1993), der in Städten einen erhöhten Anteil von Nacktschnecken (im Schnitt 21,9 %) im Vergleich zur mitteleuropäischen Gastropodenfauna (16,7 %) feststellte. Als Gründe werden einerseits die geringeren ökologischen Ansprüche, beispielsweise an den Kalkgehalt der Böden, und andererseits die größere „Mobilität“ durch passive Verbreitung genannt. Die bei den 125 Dachbegrünungen angetroffenen Gastropoden werden als (meso-)hygrophile Ubiquisten beschrieben. Die häufigsten Arten waren *Cochlicopa lubrica*, *Zonitoides nitidus*, *Oxyloma elegans*, *Monacha cartusiana* und *Deroceras reticulatum*. Obwohl *Zonitoides nitidus* und *Oxyloma elegans*, ebenso wie *Fruticola fruticum*, als sehr feuchtigkeitsgebundene Arten gelten, wurden sie vereinzelt auch auf extensiven Begrünungen gefunden. Die Mehrzahl der Tiere fand sich allerdings auf Begrünungsformen mit Anhögelungen oder intensiven Bereichen. Auf acht Dachbegrünungen wurden sowohl die xerophile Art *Monacha cartusiana* als auch die oben genannten Feuchtezeiger *Zonitoides nitidus* und *Oxyloma elegans* beobachtet (SWLBN, Sparda, HPexin, Presse, KSKHN2, EZS2, LMG2, STP1). Betrachtet man die Vegetationsformen dieser Dächer, so stellt sich heraus, daß alle Flächen (außer STP1, Sedum-Gras-Kraut) extensive und intensive Bereiche mit den entsprechenden Pflanzen aufweisen. Somit sind trockene und feuchtere Stellen auf einer Dachbegrünung vorhanden. Die Waldart *Discus rotundatus* wurde ausschließlich auf intensiv begrünten Dächern gefunden. Nur ZIMMERMANN (1987) und MECKE (1996) haben die auf Intensivbegrünungen erfaßten Gastropoden zumindest bis auf das Gattungsniveau bestimmt. Sie fanden zwei Nacktschnecken (*Arion spec.* und *Deroceras spec.*) bzw. eine Gehäuseschnecke (*Zonitoides spec.*); Vertreter dieser Gattung wurden auch auf den untersuchten Dächern dieser Arbeit ermittelt. TISCHLER (1952) berichtete über die Besiedlung von Ruderalstellen u.a. durch *Cochlicopa*

*lubrica*. Der Vergleich mit zehn Untersuchungen von Stadthabitaten ergab, daß zehn der in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Arten auch in mindestens sechs verschiedenen Städten erfaßt wurden (KLAUSNITZER 1993). Dabei wurde *Cochlicopa lubrica* in fast allen Städten gefunden und SÖNTGEN (1989) stellte auf innerstädtischen Verkehrsinseln bzw. Brachflächen einen Individuenanteil dieser Art von 14 bzw. 8 % fest. FRÜND et al. (1988) ermittelten bei Bodenuntersuchungen in Bonn-Bad Godesberg Artenzahlen von null bis elf, wobei sich naturnahe Brachflächen als artenreichste Biotopformen herausstellten. Die meisten städtischen Biotope wiesen mindestens drei Arten auf. Die mit Gastropoden artenreichsten Gründächer dieser Untersuchung waren ENSÖ (9 Arten), GRH (7 Arten), EZS3 und Presse (je 6 Arten). BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) stellten auf drei Gras-Dächern insgesamt neun Arten fest. Nach MATZKE (1973) sind Garten- und Steingartenanlagen artenärmer als andere Stadtbiootope. HAGEN (1952) erfaßte auf der Königsbrunner Heide sechs Arten. Zusammengefaßt ergibt sich hinsichtlich der Gastropodenfauna, daß Dachbegrünungen mit der entsprechenden Vegetationsform durchaus innerstädtischen Bodenstandorten gleichen und diese teilweise sogar übertreffen.

Bei den untersuchten Praxisobjekten konnten fünf Lumbricidenarten bestimmt werden. Die beiden intensiv begrünten Dächer *GymLeou* und *Sparda* (beide mit 20 cm hohem Substrat) erwiesen sich mit drei Arten als die artenreichsten Dachbegrünungen. Auf mit Gras bedeckten Dächern in Bornhöved fanden BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) ebenfalls drei Regenwurmart. In Stadthabitaten von Bonn konnten insgesamt 14 Arten und pro Standort eine bis acht Arten ermittelt werden (SCHULTE et al. 1990, FRÜND et al. 1988). Die meisten Arten fanden sich auf naturnahen Bodenverhältnissen mit relativ spontaner Vegetation und geringer Trittbelastung (FRÜND et al. 1988). In anderen Städten wurden im Durchschnitt 11 Arten nachgewiesen (KLAUSNITZER 1993), die meist als expansiv und euryök charakterisiert wurden. Die Artenzahlen der in Städten erfaßten Regenwürmer stimmen mit denen der freien Landschaft, allerdings teilweise mit anderen Artenspektren, überein (KLAUSNITZER 1993) und gleichen der Zersetzergemeinschaft von Kalkbuchen-Wäldern (SCHULTE et al. 1990). Alle fünf bei der vorliegenden Untersuchung nachgewiesenen Lumbriciden wurden auch in Bonn vorgefunden (FRÜND & RUZKOWSKI 1989).

Am häufigsten konnte *Dendrobaena octaedra* auf begrünten Dächern beobachtet werden, wobei kein Individuum auf einer Moos-Sedum-Begrünung zu finden war. Erst auf der nächst höheren Vegetationsform, der Sedum-Gras-Kraut-Begrünung, mit einer Substratstärke von 10 cm fanden sich verschiedene Regenwürmer. Die zweithäufigste Art *Lumbricus rubellus* kam nur bei Dachbegrünungen mit angehügelten bzw. intensiven Bereichen vor. Auch ZIMMERMANN (1987) konnte auf einer Intensivbegrünung eine *Lumbricus*-Art, die allerdings nicht näher bestimmt wurde, mit Bodenfallen erfassen. Nach KLAUSNITZER (1993) sind *Lumbricus terrestris* und *Aporrectodea rosea* sehr häufige und typische Bewohner der urbanen Lumbricidenfauna, und TISCHLER (1952) fand *Lumbricus rubellus* und *Dendrodrilus rubidus* auf Ruderalstellen im Siedlungsbereich.

Auch wenn die Artenzahlen der auf begrünten Dächern vorgefundenen Regenwürmer nicht denen von Bodenstandorten gleichen, so können sie dennoch in hoher Abundanz auftreten und eine wichtige Nahrungsgrundlage für stadtbewohnende Wirbeltiere, insbesondere Vögel, darstellen (KLAUSNITZER 1993, FRÜND et al. 1988).

Isopoden konnten nur selten auf extensiv begrünten Dächern erfaßt werden. Die meisten Arten (vier) wurden auf drei intensiven Dachbegrünungen (*HPexin*, *Musi*, *SVWint*) erfaßt. Damit zeigt sich die Bedeutung der möglichen Nahrung (Bestandsabfall), Feuchtigkeit (ohne Überschwemmungsgefahr) und Habitatvielfalt für das Vorkommen von Asseln, was auch KLAUSNITZER (1993) in einem zentral gelegenen Park in Leipzig feststellte. In der Regel

bieten nur Dachbegrünungen mit einer zumindest stellenweise vorhandenen Sträucher-Vegetation diese Lebensraumbedingungen. Die vier in Leipzig erfaßten Arten wurden auch auf den Dachbegrünungen der vorliegenden Arbeit nachgewiesen. Die am häufigsten ermittelten Arten *Porcellio scaber*, *Armadillidium nasatum* und *Armadillidium vulgare* werden als eher xerophile, synanthrope und stadttypische Arten beschrieben (STRESEMANN 1992, KLAUSNITZER 1993), die auf Ruderalstellen im Siedlungsbereich stellenweise mit hoher Individuendichte (300 Tiere/m<sup>2</sup>) vorkommen (TISCHLER 1952). Nach TISCHLER (1980a) sind in urbanen Lebensräumen höhere Individuenzahlen festzustellen als im Umland. FRÜND (1990) fand in Bonn ebenfalls die drei angesprochenen Arten auf Baumscheiben (offene Böden um Bäume im versiegelten Stadtbereich). Acht der in der vorliegenden Arbeit gefundenen Asselarten beobachteten SCHULTE et al. (1989) in städtischen Habitaten, in denen insgesamt 15 Arten bestimmt wurden. Vergleicht man die Anzahl der auf begrünten Dächern erfaßten Arten (10) mit den Artenzahlen anderer stadtoökologischer Untersuchungen (KLAUSNITZER 1993: vier Arten; SCHULTE et al. 1989: 15 Arten) und Untersuchungen von Destruenten-zönosen von Windwurfflächen (GLÜCK & SPELDA 1996: neun Arten), so sind vergleichbare Größenordnungen festzustellen.

Untersuchungen von Dachbegrünungen durch andere Autoren zeigten das Vorkommen von *Armadillidium nasatum* (RIEDMILLER 1991) und den Isopodenfamilien Oniscidea (ZIMMERMANN 1987, MECKE 1996), Porcellionidae und Trichoniscidae (MECKE 1996). BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) beobachteten auf drei Grasdächern in Norddeutschland zwei nicht näher bestimmte Arten.

Insgesamt konnten auf den 125 begangenen Dachbegrünungen dieser Untersuchung 10 Diplopodenarten festgestellt werden. Das ausschließliche Vorkommen aller Tiere auf intensiven Begrünungen bzw. auf extensiven Formen, die zumindest stellenweise Anhögelungen aufwiesen, ist auf das Vorhandensein schützender Bereiche und Nahrung zurückzuführen. Nach DUNGER (1983) gelten Wiesen aufgrund fehlender Versteckmöglichkeiten und Überschwemmungsgefahr als ungünstige Lebensräume für Doppelfüßer. Mit fünf bzw. vier Arten waren *Musi* und *HPint* (beide Hohe Stauden und Sträucher) die artenreichsten Dächer. Alle erfaßten Diplopoden waren synanthrope, euryöke Arten, mit Ausnahme von *Polydesmus angustus*. Diese hygrophile, stenotope Art, die in Wäldern und Gebüschern vorkommt, wurde auf zwei intensiv begrünten Flächen (*Laraint*, *Wagoint*) gefunden. Die häufigsten Arten waren *Cylindroiulus britannicus* und *Cylindroiulus caeruleocinctus*. ZIMMERMANN (1987) konnte auf einer Intensivbegrünung die Gattungen *Cylindroiulus* und *Polydesmus* nachweisen, BECKERS & FRÜND (unveröffentlicht) zählten auf Grasdächern drei Doppelfüßerarten. Dies ist bisher die einzige Meldung über das Vorkommen von Diplopoden auf Extensivbegrünungen, wobei nicht ersichtlich ist, ob auf diesen Dächern Anhögelungen vorhanden waren. KACHE & ZUCCHI (1993) stellten bei ihren Untersuchungen von städtischen Kleinstgrünflächen, Pflanztrögen und Blumenbeeten, 13 Doppelfüßerarten fest und fanden damit ähnliche Werte wie in vergleichbaren urbanen Habitaten. Die ermittelten Arten wurden als synanthrope Ubiquisten bezeichnet. Die artenreichsten Kleinflächen beherbergten sechs bis acht Arten. In Stadtparks wurden zehn (KLAUSNITZER 1993: Hamburg) bzw. 13 (KLAUSNITZER 1993: Bayreuth) und in Kiesgruben 18 Arten (SPELDA & RAHMANN 1996) ermittelt. Im Stadtgebiet Bonn-Bad Godesberg konnten insgesamt 28 Diplopodenarten gefunden werden, wobei die schon erwähnte und vielfach auf Dachbegrünungen erfaßte Art *C. britannicus* hauptsächlich auf Baumscheiben mit krautiger Vegetation vorkam (SCHULTE et al. 1990, FRÜND 1990). *C. caeruleocinctus* war auf Halbtrockenrasen-Sukzessionsflächen eine häufige Art (SPELDA 1996). Nach KLIMM (1985) ist der Artenreichtum im offenen Gelände im Vergleich zu Eichen-Hainbuchen-Wäldern meist geringer.

Diplopoden kommen unter günstigen Voraussetzungen auch auf begrünten Dächern vor. Die ermittelten Artenzahlen ähneln den Werten anderer urbaner Habitats, der Unterschied liegt jedoch in den verschiedenen Artenspektren.

Durch das dauerhafte Vorkommen größerer Bodentierpopulationen ist nicht nur der Abbau des Bestandsabfalls in ähnlicher Weise wie auf Bodenstandorten möglich, auch das Ressourcenspektrum einer Dachbegrünung erhöht sich um mögliche Beutetiere für höhere Trophiestufen wie z.B. zoophage Käfer oder Wirbeltiere.

Interessant ist auch der Vergleich benachbarter Dächer, die zwar an einem Gebäude nebeneinander und zur selben Zeit gebaut wurden, jedoch jeweils für sich abgetrennt waren und damit als Einzelobjekte gewertet werden konnten. Dabei können an einem Gebäude begrünte Dachflächen gleicher oder unterschiedlicher Vegetationsformen vorliegen. In den Tabellen 26 und 27 sind die Dächer dargestellt, die nicht nur das gleiche Alter, sondern ungefähr auch dieselbe Höhe und Exposition aufwiesen und die deutliche Unterschiede im Vorkommen von Bodentieren hatten.

So fanden sich auf den benachbarten Dächern *Ro1/Ro2/Ro3*, *Cola/ColaVe*, *FHSig1/FHSig2* (alle Moos-Sedum), *BCE7o/BCE7u/BCE8/BCE12* (Sedum-Gras-Kraut) und *Schw1/Schw2*, *Bak1/Bak2/Bak3* (alle Gras-Kraut) keine Makrosaprophagen und auf den Dächern *SWLBexo/SWLBex3*, *Genoex1/Genoex2o*, *EVZ1/EVZ2/EVZ3* und *SWE1/SWE2/SWE3/SWE4* (alle Moos-Sedum) wuch jeweils ein Dach durch das Vorhandensein einer Bodentiergruppe von den anderen, benachbarten Dächern ab. Durch welche Umstände gerade auf diesen Einzeldächern bestimmte Bodentiere vorkamen, ist unklar, weil die Lebensraumbedingungen offensichtlich übereinstimmten. Vielleicht können schon geringe Unterschiede in der Exposition o.ä. eine Rolle spielen bzw. haben ungewisse Zufälle Populationen überleben oder aussterben lassen.

Beim Vergleich zwischen benachbarten Flächen mit unterschiedlichen Vegetationen (*SSB1/SSB2/SSB3*, *EZS/EZS4*, *LMG1/LMG2*) wurde wiederum deutlich, wie entscheidend die verschiedenen Lebensraumbedingungen sein können: Höhere Begrünungsaufbauten bzw. Vegetationsformen waren immer begünstigt und wiesen eine höhere Artenzahl von Bodentieren auf.

In den Tabellen 26 und 27 fällt auf, daß benachbarte Gründächer, unabhängig von ihrer Vegetationsform, meist sehr unterschiedliche Artenspektren zeigten. Daraus ist zu folgern, daß selbst Begrünungen mit der gleichen Vegetationsform und denselben Startbedingungen durchaus eine Eigendynamik hinsichtlich ihrer Fauna entwickeln können. Vor allem bei begrünten Schrägdächern kann die Exposition der Dachfläche unterschiedliche Feuchtigkeitsverhältnisse bewirken. ACHTEL (1991) stellte bei gegen Norden ausgerichteten Schrägdächern mehr hygrophile Käferarten fest, im Gegensatz zu den Süddächern, die deutlich mehr xerophile Arten beherbergten.

Die Dominanzverhältnisse der Fauna einer Dachbegrünung werden entscheidend durch die Vegetationsformen geprägt, jedoch können sich unabhängig davon unterschiedliche Artensammensetzungen ausbilden.

Tab. 26: Nachbardächer gleicher Vegetationsformen im Artenvergleich der Bodentiere

Vegetationsform	zu vergleichende Dächer			Übereinstimmung
<b>Sedum-Gras-Kraut</b>	<b>STP1</b> <i>O. lacteum</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>Deroceras sp.</i> Ga <i>M. cartusiana</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>A. nasatum</i> Is	<b>STP2</b> <i>D. octaedra</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>V. pygmaea</i> Ga <i>P. scaber</i> Is		1 Art
<b>Gras-Kraut</b>	<b>GymLeom</b> <i>D. octaedra</i> Lu <i>D. reticulatum</i> Ga <i>O. elegans</i> Ga	<b>GymLeoo</b> <i>D. octaedra</i> Lu <i>D. reticulatum</i> Ga <i>C. lubrica</i> Ga <i>T. hispida</i> Ga		2 Arten
<b>Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden</b>	<b>EZS</b> <i>Dendrobaena sp.</i> Lu <i>Octolasion sp.</i> Lu <i>C. hortensis</i> Ga <i>D. laeve</i> Ga <i>D. sturanyi</i> Ga <i>S. putris</i> Ga <i>S. oblonga</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>A. vulgare</i> Is <i>P. scaber</i> Is <i>T. rathkii</i> Is <i>B. pusillus</i> Di <i>C. britannicus</i> Di	<b>EZS2</b> <i>D. octaedra</i> Lu <i>Aporrectodea sp.</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>M. cartusiana</i> Ga <i>O. elegans</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>P. affinis</i> Is <i>O. sabulosus</i> Di	<b>EZS3</b> <i>D. octaedra</i> Lu <i>Lumbricus sp.</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>D. laeve</i> Ga <i>D. reticulatum</i> Ga <i>O. elegans</i> Ga <i>S. putris</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>A. vulgare</i> Is <i>P. scaber</i> Is	2 Arten
<b>Hohe Stauden und Sträucher</b>	<b>KP1</b> <i>Aporrectodea sp.</i> Lu <i>Lumbricus sp.</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>D. rotundatus</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>C. britannicus</i> Di	<b>KP2</b> <i>O. lacteum</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>D. rotundatus</i> Ga <i>T. hispida</i> Ga <i>C. britannicus</i> Di		3 Arten

Lu=Lumbricidae, Ga=Gastropoda, Is=Isopoda, Di=Diplopoda

Tab. 27: Nachbardächer unterschiedlicher Vegetationsformen im Artenvergleich der Bodentiere

<b>SWLBex3</b> (Moos-Sedum)	<b>SWLBex2</b> (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden)	<b>SWLBN</b> (Hohe Stauden und Sträucher)	<b>SWLBS</b> (Hohe Stauden und Sträucher)
<i>O. elegans</i> Ga <i>A. nasatum</i> Is	<i>Z. nitidus</i> Ga <i>A. nasatum</i> Is	<i>Dendrobaena</i> sp. Lu <i>D. panormitanum</i> Ga <i>M. cartusiana</i> Ga <i>Trichia</i> sp. Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>A. vulgare</i> Is <i>P. scaber</i> Is <i>C. britannicus</i> Di	<i>Dendrobaena</i> sp. Lu <i>Lumbricus</i> sp. Lu <i>M. cartusiana</i> Ga <i>D. rotundatus</i> Ga <i>A. nasatum</i> Is <i>A. vulgare</i> Is <i>P. scaber</i> Is

<b>GymLeom</b> (Gras-Kraut)	<b>GymLeoo</b> (Gras-Kraut)	<b>GymLeou</b> (Wildstauden-Gehölze)
<i>D. octaedra</i> Lu <i>D. reticulatum</i> Ga <i>O. elegans</i> Ga	<i>D. octaedra</i> Lu <i>D. reticulatum</i> Ga <i>C. lubrica</i> Ga <i>T. hispida</i> Ga	<i>D. octaedra</i> Lu <i>L. rubellus</i> Lu <i>O. lacteum</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>Deroceras</i> sp. Ga <i>D. rotundatus</i> Ga <i>A. vulgare</i> Is <i>P. scaber</i> Is <i>C. britannicus</i> Di

<b>SVWex</b> (Gras-Kraut)	<b>SVWint</b> (Hohe Stauden und Sträucher)
<i>L. plicata</i> Ga <i>M. cartusiana</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga	<i>D. octaedra</i> Lu <i>O. lacteum</i> Lu <i>C. lubrica</i> Ga <i>D. rotundatus</i> Ga <i>L. plicata</i> Ga <i>A. nasatum</i> Is <i>P. affinis</i> Is <i>P. scaber</i> Is <i>T. rathkii</i> Is

<b>KSKHNI</b> (Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden)	<b>KSKHN2</b> (Hohe Stauden und Sträucher)
<i>Octolasion</i> sp. Lu <i>M. cartusiana</i> Ga <i>P. scaber</i> Is	<i>Dendrobaena</i> sp. Lu <i>Octolasion</i> sp. Lu <i>D. reticulatum</i> Ga <i>M. cartusiana</i> Ga <i>Z. nitidus</i> Ga <i>P. scaber</i> Is

Lu=Lumbricidae, Ga=Gastropoda, Is=Isopoda, Di=Diplopoda

### 6.3.2 Besiedlung begrünter Dächer in Abhängigkeit von Vegetationsaufbringung, Flächengröße und Alter

Im Folgenden wird erläutert, inwieweit eine erfolgreiche Besiedlung von begrünten Dächern von der Vegetationsaufbringung (Verschleppung mit Pflanzenmaterial), Größe oder Alter der Dachbegrünung abhängt. Die grundlegenden Aspekte kleiner, verinselt liegender Habitats werden in Kapitel 3 ausführlich behandelt, so daß in diesem Abschnitt die Ergebnisse der untersuchten Dachbegrünungen im Vordergrund stehen.

Die Untersuchungen an 125 Praxisobjekten zeigen keinen Zusammenhang zwischen Alter bzw. Größe und dem Vorkommen und der Artenzahl von Bodentieren. Es konnten beispielsweise auf jungen und kleinflächigen Dachbegrünungen (*HPexin*, *Laraint*) Bodentiere gefangen werden, während dies auf großen Extensivdächern unterschiedlichen Alters (*LMGI*, *SWLBexo*, *P+B*, *Cola*, *SSBI*) oft nicht möglich war (Tab. 21). Auf einem 18 Jahre alten Dach (*DACH*) konnten genauso viele Arten gefunden werden, wie auf einer zwei Jahre jungen Dachbegrünung (*SKE*). Einige große Gras-Kraut-Dächer (*KHLeou*, *Bak1*, *Bak2*, *Bak3*) konnten keine Bodenmakrofauna aufweisen, wie das für die meisten Grasdächer festgestellt wurde: durch starke Pflegemaßnahmen (regelmäßiger Schnitt) war die Vegetationshöhe nur sehr gering, dadurch konnte sich keine schützende Pflanzendecke ausbilden.

Die Ansicht, wonach die Artenzahl auf kleinen Biotopen im Vergleich zu größeren Flächen sinkt (MÜHLENBERG & WERRES 1983, KLAUSNITZER 1993, MADER 1983) und die Flächengröße im Wesentlichen den Wert und die Entwicklungsmöglichkeit bestimmt (SCHULTE & MARKS 1985), konnte mit der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden.

ACHTEL (1991) fand keinen Einfluß der Dachgröße auf die Artendiversität, die Individuendichte stieg jedoch bei großen Flächen tendenziell an. Dagegen stellte BONN (1996) bei Araneen und Carabiden eine positive Korrelation zwischen Flächengröße und Artenzahl fest. Das heißt allerdings nicht, daß großflächige Dachbegrünungen grundsätzlich viele Tierarten beherbergen müssen, was sich bei den Untersuchungen auch gezeigt hat (ACHTEL 1991, BONN 1996).

Entscheidend ist die Lebensraumqualität; sie bestimmt das Vorkommen von Bodentieren und spielt eine größere Rolle als die Flächengröße oder das Alter der Begrünung. MADER (1981) stellte heraus, daß Tiere, die auf ein neues Habitat gelangen, dort nur unter günstigen Umständen eine dauerhafte Population aufbauen können.

BONN (1996) ordnete den Einfluß der Habitatqualität über den der Größe und den des Umlandes ein. ACHTEL (1991) stellte heraus, daß die Ausbildung eines reichstrukturierten Lebensraumes nicht von der Flächengröße, sondern von der Art und Weise des anthropogenen Eingriffs abhängt. Nach HOVESTADT et al. (1991) können sich Qualität und Größe gegenseitig ausgleichen. Auch TOPP (1988) stellte bei der Besiedlung einer neu entstandenen Nordseeinsel fest, daß deren Größe und Isolation nicht für die Besiedlung durch Laufkäfer limitierend gewesen sein konnte. SCHULTE et al. (1990) ermittelten, daß sich ein Einfluß der Flächengröße auf die Bodentiere erst bei einer Arealgröße kleiner 10-200 m<sup>2</sup> bemerkbar macht. Nimmt man diese Werte als Grundlage, ist beim größten Teil der begrünten Dächer die Flächengröße kein begrenzender Faktor.

Für HIRSCHFELDER (1991) ist das Alter einer extensiven Dachbegrünung für Bodentiere erst dann von Bedeutung, wenn durch eine genügend hohe Humusaufgabe frostfreie Rückzugsbereiche vorhanden sind. MÜLLER (1988) stellte beim Faunenvergleich zwischen einem Dach- und Bodenstandort eine Annäherung aufgrund des Alters der Dachbegrünung zur Diskussion. Im Laufe von drei Jahren beobachtete RIEDMILLER (1994) bei einer neu angelegten Extensivbegrünung eine Artenverschiebung hin zu xerophilen Taxa. Bei den Untersuchungen anderer Stadthabitats stellte KLAUSNITZER (1993) fest, daß alte, vielfältige Parks artenreicher als Neuanlagen waren. Bei der Besiedlung von Waldinseln durch stenotope Waldarten ordnete DÜLGE (1989) dem Waldalter eine wichtige Rolle zu. Im Stadtgebiet von Osnabrück konnten KACHE & ZUCCHI (1993) bei Pflanzkübeln und Blumenbeeten keine Abhängigkeit zwischen dem Flächenalter und der Besiedlung durch Diplopoden ermitteln.

Bei der Vegetationsaufbringung durch *Sedum*-Sprossen und Saatgut gab BONN (1996) zu bedenken, daß der Eintrag von Bodentieren sehr gering sei. Daraus leitete sie ab, daß insbesondere auf extensiv begrünten Dächern, die dies ausschließlich betrifft, weniger Makrosaprophagen vorkommen sollten. Auf 22 der begangenen extensiven Dachbegrünungen konnten Bodentiere nachgewiesen werden, wobei nur fünf dieser Dächer mit Flachballenstauden oder Vegetationsmatten bepflanzt wurden. Auf weiteren acht bepflanzen Extensivdächern konnte dage-

gen keine Bodenmakrofauna beobachtet werden. Zwei Schlußfolgerungen können daraus abgeleitet werden: Zum einen scheint eine Verbreitung mit dem Substrat bzw. über andere Wege (z.B. Tiere) möglich zu sein, und zum anderen verläuft eine Initialbesiedlung nur dann erfolgreich, wenn (wie schon oben erwähnt) die notwendigen Lebensraumbedingungen vorliegen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß aus den vorliegenden Ergebnissen kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Vegetationsaufbringung, Flächengröße, Alter und der Besiedlung von begrünten Dächern durch Bodentiere abgeleitet werden kann.

### 6.3.3 Vergleich der Versuchsanlage *ENSÖ* mit den Praxisobjekten

Tab. 28: Vergleich der Tendenzen der Versuchsanlage *ENSÖ* mit den Schlußfolgerungen der untersuchten Praxisobjekte

Die aus den Ergebnissen der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> abgeleiteten Thesen	Vergleich mit den Aussagen der untersuchten 125 Dachbegrünungen aus der Praxis
<b>1. Unterschiede Extensiv- und Intensiv-Begrünung</b>	<p>Die Einteilung der Begrünungsarten kann auf drei Gruppen erweitert werden (extensiv, extensiv-intensiv u. intensiv), die unterschiedlich dominante Tiergruppen aufweisen. Bei Extensivbegrünungen dominieren „Fluginsekten“, Spinnen und Käfer, bei Extensiv-Intensivbegrünungen Schnecken und bei Intensivbegrünungen Asseln und Ameisen.</p>
<p>a. Dominanzstruktur: Extensivbegrünungen mit dominanten Spinnen und „Fluginsekten“, Intensivbegrünungen mit Bodentieren</p>	
<p>b. Vorkommen von Bodentieren: Makrosaprophage kommen hauptsächlich auf Intensivbegrünungen vor</p>	<p>Aufgrund ihrer Frost- und Trockenheitsempfindlichkeit hat die Bodenmakrofauna ein schwerpunktmäßiges Vorkommen auf intensiven Begrünungsformen bzw. extensiven Flächen mit Anhögelungen.</p>
<p>c. Artenzahlen der Bodentiere: Die Artenzahlen sind bei Intensivbegrünungen deutlich höher</p>	<p>Intensivbegrünungen beherbergen fast ausnahmslos deutlich mehr Arten der Bodenmakrofauna als extensive Begrünungen. Die Artenzahlen steigen mit der Vegetationsausprägung (Vegetationsformen).</p>
<b>2. Ähnlichkeit Kiesdach/Extensivbegrünung</b>	<p>Kiesdächer können aufgrund der Dominanzverhältnisse der Fauna extensiv begrünten Dächern näher gestellt werden als Intensivbegrünungen.</p>
<b>3. Charakteristika junger Dachbegrünungen</b>	<p>Die Frage nach den Charakteristika jüngerer Gründächer konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht erschöpfend geklärt werden.</p>
<p>a. Erhöhte Anteile von "Pionier-Tiergruppen"</p>	<p>Auch auf jüngeren Praxisobjekten konnte vermehrt das Vorkommen von Spinnen beobachtet werden.</p>
<p>b. Größere Störanfälligkeit</p>	<p>Die Störanfälligkeit einer Dachbegrünung ist abhängig von der Flächengröße und den Lebensraumbedingungen.</p>
<p>c. Geringe Individuen- und Artenzahlen</p>	<p>Konnte nicht für alle relativ jungen Dächer bestätigt werden. Oftmals weisen auch junge Dachbegrünungen hohe Artenzahlen, zumindest bei der Bodenfauna, auf.</p>
<b>4. Extensiv-intensive Dachbegrünung (Wildstauden-Gehölze-Vegetationsform) als ökologisch hochwertigste Begrünungsart</b>	<p>Extensiv-intensiv begrünte Dächer zeigen nicht nur bei der Bodenfauna, sondern auch bei Laufkäfern, Spinnen und Wildbienen die höchsten Artenzahlen. Dabei treten auf einer Dachbegrünung sehr häufig Arten mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen auf.</p>
<b>5. Dachbegrünung als dauerhafter Lebensraum</b>	<p>Gründächer mit frost- und trockenheitsgeschützten Bereichen bieten einen längerfristigen Lebensraum.</p>

Die Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Versuchsanlage *ENSÖ* und die Resultate der 125 untersuchten Praxisobjekte zeigen in den meisten Punkten eine große Übereinstimmung. Somit bestätigen die Untersuchungen der Praxisobjekte die Ergebnisse der Versuchsanlage *ENSÖ*.

### 6.3.4 Vergleich der beiden angewandten Fangmethoden

Mit den angewendeten Erfassungsmethoden sollten einerseits für die unterschiedlichen Dachbegrünungsarten vergleichbare Faunenzusammensetzungen ermittelt werden, andererseits sollten möglichst viele der in die sechs Vegetationsformen eingeteilten Dachbegrünungen auf das Vorhandensein von Bodentieren untersucht werden. Im Vordergrund stand hierbei nicht die Erfassung aller Arten, sondern das prinzipielle Vorkommen der ausgewählten Bodenmakrofauna. Aus diesen Gründen wurden einige Dächer mit Bodenfallen bestückt und alle begangenen Gründächer mittels der Handaufsammlungstechnik (in dieser Arbeit als „Punkt-Bestandsaufnahme“ bezeichnet) untersucht (Kapitel 2.5.2.2). Die Erfassung mit Bodenfallen bietet den Vorteil, daß (aktive) Tiere zu jeder Tageszeit und unabhängig vom Geschick des Bearbeiters gefangen werden können. „Dennoch steht die Handaufsammlung bei allen Geländearbeiten im Vordergrund und stellt keinen primitiven Ausweg dar, sondern oft die beste, wenn auch zeitaufwendigste Methode. Nur sie ermöglicht gleichzeitig das Auswählen und Sortieren der gewünschten Tiergruppe und die Beobachtung von Verhaltensweisen“ (DUNGER & FIEDLER 1989).

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden acht Dächer mit beiden Fangmethoden, sowohl Bodenfallen als auch Punkt-Bestandsaufnahmen, bearbeitet.

Im Hinblick auf die Frage, ob Bodentiere aus den Gruppen Lumbricidae, Gastropoda, Isopoda und Diplopoda (zumindest mit einem Individuum) vorkommen, lieferten beide Fangmethoden nahezu vollständig übereinstimmende Werte. Anders verhielt es sich jedoch bei der Erfassung eines möglichst umfangreichen Artenspektrums.

Etwa ein Drittel der beobachteten Arten konnte mit beiden Methoden ermittelt werden, die restlichen zwei Drittel wurden durch Bodenfallenfänge und/oder Punkt-Bestandsaufnahmen ergänzt. Dabei blieb offen, welche der beiden Methoden besser zur Erfassung der Bodenfauna geeignet ist. Es entstand eher der Eindruck, als würden sich beide Methoden sehr gut ergänzen. DUNGER & FIEDLER (1989) waren der Meinung, daß eine einzige Methode immer mit Fehlern behaftet ist, da meist nur bestimmte Entwicklungsstadien und Arten unter bestimmten Bedingungen nachweisbar sind. Betrachtet man die Abb. 15-19, so ist daraus zu schließen, daß eine bestimmte Bodentiergruppe fast zu jeder Jahreszeit beobachtet werden kann, jedoch die einzelnen Arten durchaus unterschiedliches, entwicklungsbedingtes Auftreten haben können. GLÜCK & SPELDA (1996) stellten dies bei Destruentenzönosen auf Sturmwurfflächen ebenfalls fest. Obwohl manche Taxa tages- und jahresperiodische Aktivitäten zeigen und deshalb u.a. als adulte Tiere nur in bestimmten Jahreszeiten auftreten (EISENBEIS & WICHARD 1985, KLIMM 1985, DUNGER & FIEDLER 1989), konnte bei den untersuchten Dachbegrünungen kein Zusammenhang zwischen Jahreszeit und Vorkommen bestimmter Arten festgestellt werden. Das spezifische Durchsuchen potentieller (Mikro-)Habitate ist der große Vorteil der Punkt-Bestandsaufnahme, wodurch vor allem Bodentiere unter Steinen, Totholz oder Bestandsabfall bzw. in tieferen Substratschichten aufgespürt werden können.

## 7. Schlußbetrachtung

Auch wenn Dachbegrünungen hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkungen (Wasserrückhalt, Luftverbesserung, Flora, Fauna usw., s. Kap. 2.1) oftmals pauschal als Ausgleichsmaßnahme bei der Eingriffsregelung des § 8 BNatSchG anerkannt werden, ist eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Begrünungsarten und -formen erforderlich. Zwar weisen manche Autoren darauf hin, daß intensiven Dachbegrünungen höhere ökologisch-klimatische Wirkungen als Extensivbegrünungen zukommen, dennoch wird, wie z.B. in Hessen im Rahmen der „Richtlinie zur Bemessung der Abgabe bei Eingriffen in Natur und Landschaft“ für extensive Dächer eine höhere Biotopwertzahl als für Intensivbegrünungen angesetzt (HESS. MINISTERIUM 1992). Noch immer herrscht das Vorurteil, daß intensive Dachbegrünungen artenarmen Ziergärten gleichen (vgl. auch KRUPKA 1993). Die ökologische Wertigkeit begrünter Dächer hinsichtlich Fauna und deren gezielter Einsatz als Kompensationsmaßnahme ist ebenfalls nicht detailliert geklärt.

### Ergebnisse der zoologischen Untersuchungen

Je nach Schichtaufbau und Vegetation ist z.B. ein unterschiedliches Wasserrückhaltevermögen gegeben und damit sind natürlich auch unterschiedliche Niederschlags-Abflußbeiwerte festzustellen (FLL 1995, MANN & HENNEBERG 1998a).

Hinsichtlich Flora und Fauna gilt ähnliches (u.a. ZIMMERMANN 1987, MANN 1994). Aufgrund des heutigen Wissensstandes kann für Dachbegrünungen allgemein nur festgehalten werden, daß sie (Teil-) Lebensräume für Tiere darstellen. Welche Tiergruppen und -arten den Biotop Gründach besiedeln und ob dauerhafte Populationen entstehen können, hängt vorrangig von der Vegetationsform ab. In Abhängigkeit der Ausbildung der Vegetation werden unterschiedliche Tiergruppen gefördert oder verdrängt.

Neben der Begrünung mit ihrer Artenvielfalt und Ausprägung als Hauptbestandteil der Strukturdiversität kommen den Faktoren Dachgröße, Alter, Lage und Umfeld nur eine untergeordnete Rolle zu (Abb. 26). Es hat sich im Rahmen dieser Arbeit und bei allen anderen Untersuchungen gezeigt, daß Dachbegrünungen mit Gehölz- und Sträucherpflanzungen (extensive Begrünungsformen mit Anhögelungen und intensive Dächer) eine besondere Stellung einnehmen. Durch das Vorhandensein von frostfreien und feuchten Rückzugsbereichen in Form von Sträuchern ist einerseits die Strukturvielfalt deutlich erhöht und andererseits sind entscheidende Lebensraumbedingungen für das längerfristige Überleben von vielfältigen Tiergemeinschaften gegeben.

### „Ökologischer Wert“ von Dachbegrünungen

Aufgrund der wenigen Erfahrungswerte ist es schwierig, den „ökologischen Wert“ von begrünten Dächern unter Berücksichtigung der Fauna einzuschätzen. Zudem ist unklar, welche Bezugsbiotope zum Vergleich herangezogen werden sollen (FRÜND 1996). MECKE (1996), HIRSCHFELDER (1991), BONN (1996), RIEDMILLER (1994), MANN (1994) und FRÜND (1996) sehen Dachbegrünungen zumindest als einen temporären Ersatzlebensraum für viele Tierarten an, der allerdings (zumindest in den Anfangsjahren) keinen gleichwertigen Ausgleich zum ebenerdigen Standort in der freien Natur bieten kann. RIEDMILLER (1994) sieht in flachgründigen Extensivbegrünungen keinen vollkommenen Ersatz für ökologisch hochwertige Flächen (wie Trockenrasen), wobei dennoch vor allem ubiquitäre Solitärbiene gefördert werden.

### Strukturdiversität

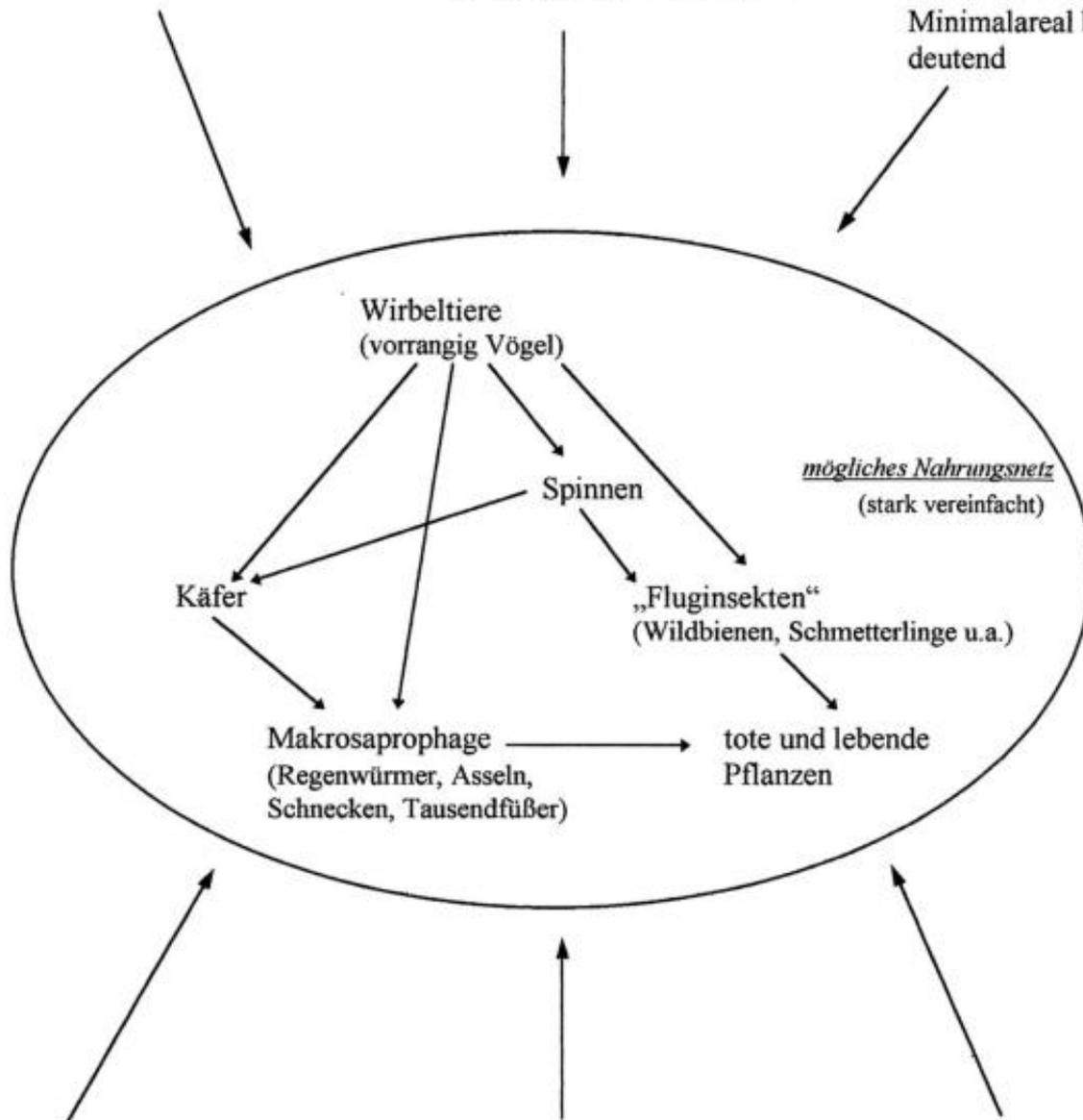
hat entscheidenden Einfluß und steht über allen anderen Faktoren

### Vegetationsform

ist das wichtigste Segment der Strukturdiversität. Beeinflußt sehr stark das längerfristige Überleben der Bodenfauna

### Flächengröße

kein alleiniges Kriterium, jedoch im Hinblick auf Strukturdiversität und Minimalareal bedeutend



### Umfeld

umliegende, ähnliche Biotypen beschleunigen die Besiedlung entsprechender (stenöker) Arten

### Alter

relativ geringer Einfluß, meist nur in Verbindung mit der Vegetationsentwicklung

### Dachexposition

i.d.R. nicht ausschlaggebend, kann aber bestimmte Tiergruppen begünstigen

Abb. 26: Faktoren, die die Lebensgemeinschaft einer Dachbegrünung beeinflussen

Dagegen sahen KRÜGER (1983), ZIMMERMANN (1987) und MANN (1996b, 1997 und 1998) (zumindest intensiv) begrünte Dächer als gute Kompensationsmaßnahme an. Die Artenzahlen der verschiedenen (Boden-) Tiergruppen sind bei bestimmten Dachbegrünungen durchaus mit den Werten anderer Stadtbiotope vergleichbar (s. Kap. 6). Das Bundesland Hessen ordnete Dachbegrünungen in ihrer Wertigkeit etwas höher als Gartenanlagen und intensiv genutzte Ackerflächen ein (HESS. MINISTERIUM 1992). Ernsthaft zu überdenken ist die allgemeine Zuordnung von Gründächern in die Klasse 2 (naturfremd) der sechsstufigen Skala (1 = künstlich bis 6 = natürlich) von SEIBERT (1980).

Man könnte, wie bei der Beurteilung von natürlichen Flächen, das Vorkommen von Arten der „Roten Liste“ als Hauptkriterium zur Bewertung heranziehen, was jedoch gerade im Siedlungsbereich und bezogen auf den Extrembiotop „Dach“ nicht unbedingt treffend wäre (vgl. BONN 1996). Selbst wenn gefährdete „Rote Liste“-Arten zu Recht ein wesentliches Bewertungskriterium in der freien Landschaft und ein gewichtiges „politisches“ Argument darstellen, sind damit gewisse Nachteile verbunden (HENLE 1994, KAULE 1991, MÜHLENBERG 1989). Auch auf begrünten Dächern wurden seltene bzw. gefährdete Tierarten beobachtet (ZIMMERMANN 1987, MANN 1994, MECKE 1996, BONN 1996, RIEDMILLER 1991 und 1994), woraus nicht zu schließen war, daß sich diese Arten dauerhaft auf dem Gründach etablierten. Dabei fanden sich „Rote Liste“-Arten u.a. auf Dachbegrünungen, auf denen andere, wichtige Tiergruppen, wie z.B. die Makrosaprophagen, fehlten. Ein neu entstandener Lebensraum kann prinzipiell nur dann als annähernd vollständiger Ersatz angesehen werden, wenn das Nahrungsnetz (die Verflechtung von Beute/Räuber und Wirt/Parasit) möglichst komplex und engmaschig verläuft. Dieser Reichtum an biologischer Vielfalt sichert die Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen gegenüber anthropogenen und natürlichen „Störungen“, und mit der Biodiversität wird die Grundlage allen Lebens erhalten. Auch MÜHLENBERG (1989) beschrieb einen kausalen Zusammenhang zwischen hoher Artenvielfalt und Stabilität des Ökosystems. Weiterhin maß er dem gleichzeitigen Vorkommen von Wirts- und Parasitenarten und deren Wechselbeziehungen ebenso eine große Bedeutung bei, wie dem Vorhandensein von Arten mit differenzierter Biotopbindung, die im Laufe ihrer Entwicklung mehrere Lebensräume benötigen. Zur Sicherung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes (§ 1 BNatSchG) nimmt die bestandsabbauende Makrofauna, wie Regenwürmer, Asseln, Schnecken und Tausendfüßer, eine Schlüsselstellung ein, die nicht durch andere Tiergruppen ersetzt werden kann (MÜHLENBERG 1989). Auch BONN (1996) sah im Vorkommen der Zersetzergesellschaft eine Stärkung des ökologischen Gleichgewichts. FRÜND (1990) beschrieb die positiven Auswirkungen eines intakten Bodenlebens auf die Bodenqualität in Städten und damit auf das Pflanzenwachstum und die Kleinklimaverbesserung. Verschiedene Autoren stellten Nahrungsbeziehungen zwischen Tieren und Pflanzen auf dem Dach dar: biozönotischer Konnex zwischen verschiedenen Tiergruppen und Wirt-Parasit-Vorkommen (MANN 1994), Räuberbeziehungen hinsichtlich Blattläusen (RIEDMILLER 1991) und Nahrungsnetz von Rüsselkäfern (ACHTEL 1991). BLAB (1985) stellte nicht die Bevorzugung einzelner Arten oder Organismengruppen als eine grundsätzliche Anforderung einer Biotopneugestaltung in den Vordergrund, sondern die Gesamtf fauna mit ihren komplexen Wechselwirkungen.

Das Vorkommen von potentiellen Beutetieren wie Insekten, Regenwürmern und Schnecken sahen KRÜGER (1983), KLAUSNITZER (1993) und FRÜND et al. (1988) als Nahrungsgrundlage für stadtbewohnende Wirbeltiere an. KLAUSNITZER (1993) beschrieb als mögliche Ursachen für den Bestandsrückgang der Avifauna in Städten den Verlust geeigneter Habitate, Störung durch den Menschen und Nahrungsmangel.

Auf begrünten Dächern, die gut strukturiert und störungsarm sind bzw. Beutetiere aufweisen, können die beschriebenen Lebensraumbedingungen auch für Wirbeltiere gegeben sein. Bei Begehungen im Rahmen dieser Arbeit wurden Haustauben, Distelfinken und Wildenten an

den Teichen des extensiv-intensiven Daches *Presse* (MANN 1997) beobachtet. Mehrfach konnten Amsel- (auf den Gründächern *Musi*, *KiGa*, *Wagoint*) und Wildentennester (u.a. auf den Objekten *EZS*, *EZS2*) vorgefunden werden. KRUPKA (1992) beschrieb Nestfunde auf begrünten Dächern von Hänfling, Girlitz, Grünfink, Heckenbraunelle, Ringeltaube, Schwarzdrossel, Singdrossel, Türkentaube, Zaunkönig, Blaumeise, Kohlmeise, Hausrotschwanz, Gartenrotschwanz, Star, Feldsperling, Haussperling, Haubenlerche, Feldlerche, Wiesenpieper und Steinschmätzer. KRÜGER (1983) berichtete von der schnellen Besiedlung des begrünten Kantonspitals in Basel durch Amseln, Stare, Sperlinge, Meisen, Distelfinken und Stockenten. Individuen aus anderen Wirbeltiergruppen konnten bisher nur vereinzelt auf Dachbegrünungen nachgewiesen werden: Von mehreren auf dem Gründach *KiGa* ausgesetzten Zauneidechsen (MANN unveröffentlicht) wurde nach 17 Monaten ein Tier wiedergefunden (BÜHLER mündliche Mitteilung), und auf einem innerstädtischen, kleinflächigen Dachgarten im Raum Stuttgart sind Fische in einer Teichanlage erfolgreich gehalten und vermehrt worden (STRAUSS schriftl. Mitteilung). Selbst Säugetiere konnten auf Dachbegrünungen beobachtet werden (Marder, BITTNER schriftl. Mitteilung; Mäuse, HIRSCHFELDER 1991). Alle Autoren sind sich einig, daß begrünte Dächer die im Naturschutz wichtige Rolle als sogenannte „Trittsteinbiotope“ und unter bestimmten Voraussetzungen als „Refugien“ übernehmen können (u.a. RIEDMILLER 1991 und 1994, HIRSCHFELDER 1991, MANN 1994, BONN 1996, MECKE 1996). Nach MANN (1994), HIRSCHFELDER (1991) und MECKE (1996) müssen dazu allerdings höhere Substratstärken und Vegetationsformen vorhanden sein, damit den Bodentieren ein dauerhafter Lebensraum zur Verfügung steht. MADER (1981) definiert „Trittsteine“ als kleine eingesprengte Habitatsinseln, die ein kurzfristiges Überleben in einer lebensfeindlichen Umgebung ermöglichen und zugleich zur Überbrückung von Isolationsbarrieren zwischen potentiellen Besiedlungsgebieten dienen (vgl. JETSCHKE & FRÖBE 1994). Trittsteine sind charakterisiert durch ihre geringe Flächengröße, Abgrenzung zum Umfeld und ihr spezifisches Mikroklima. Bei Biotopverlust können abgewanderte Tierarten Trittsteinbiotope als „Sprungbrett“ für eine Neubesiedlung anderer geeigneter Biotope nutzen (MADER 1981). Im Rahmen des Biotopverbundes kommt den Trittsteinbiotopen dabei eine sehr wichtige Aufgabe als Vernetzungselemente zu (MADER 1981, JETSCHKE & FRÖBE 1994). RIEDMILLER (1994) beschrieb bei Dachbegrünungen die funktionelle Vernetzung verschiedener Habitatslemente und somit eine Verknüpfung von Teilhabitaten zu vollständigen Biotopen. Dabei werden mehreren kleinen Trittsteinbiotopen eine größere Rolle zugeschrieben als einem großen (JETSCHKE & FRÖBE 1994).

Somit können die positiven Wirkungen begrünter Dächer sehr vielfältig sein können, wobei je nach Vegetationsform ein größerer oder geringerer Nutzen entsteht: Neben dem Schutz der Dachabdichtung und der damit einhergehenden verlängerten Lebensdauer des Daches, der thermischen Schutzfunktion als Wärmedämmung, der Klimaverbesserung durch Staubbindung und Erhöhung der Luftfeuchtigkeit, stehen Dachbegrünungen Menschen und Tieren als Ersatzlebensraum zur Verfügung. Aus zoologischer Sicht können Gründächer (je nach Vegetationsform) folgende Haupt-Funktionen erfüllen (vgl. KRÜGER 1983, MANN 1996b):

1. **Trittsteinbiotop:** Verbindung zwischen einem Reservoir und einem leeren Zielhabitat.
2. **Refugium (Ersatzbiotop):** Längerfristiger Lebensraum für mehrere Generationen und damit eine Kompensationsmaßnahme gemäß § 8 BNatSchG. Von einem Ersatzbiotop aus können ständig Wiederbesiedlungen stattfinden.
3. **Ungestörte Rückzugsfläche:** Ausweichmöglichkeit bei anthropogenen Störungen im Umfeld. Auch RIEDMILLER (1991) und KRÜGER (1983) sahen begrünte Dächer als temporäre Rückzugsflächen für Nützlinge an, die ähnlich wie im Ackerbau Aufgaben der „Nützlingsstreifen“ (NUNNENMACHER 1994, KRESS 1994) übernehmen.

## Planungshinweise zur Begrünung von Dächern

Sind Dachbegrünungen im Rahmen der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung des § 8 BNatSchG im Bebauungsplan vorgesehen, sind zumindest die rechtlichen Grundlagen geschaffen, eine aus naturschutzkundlicher Sicht möglichst optimale Begrünung zu erhalten. Die nächsten entscheidenden Schritte sind die genaue Festlegung, wie begrünt werden muß und die Beschreibung, welche Qualitäten verlangt werden. Grundlegend dabei ist die Bewertung der tatsächlich möglichen Veränderung des Neubaugebiets und die Prüfung, ob und welche Art von Dachbegrünung als Ausgleichsmaßnahme gefordert und festgesetzt werden kann. Erläuterungen über die verschiedenen Festsetzungs- und Entscheidungsebenen und die rechtlichen Grundlagen geben NEUMANN (1995) und DÜRR (1994).

Die Qualitätsbeschreibung einer Dachbegrünung wird immer systemneutral ausfallen, sie sollte aber zumindest eindeutige Vorgaben zur durchwurzelbaren Schichtstärke und Vegetationsform geben. HENNEBERG (1994) und die FLL (1996) schlugen eine Ausschreibung nach einer zu erreichenden Mindest-Punktzahl vor (siehe auch Seite 125: „Bewertung von Dachbegrünungen“). Diese festgelegte Punktzahl könnte dann auf verschiedene Art und Weise verwirklicht werden (HENNEBERG 1994, NEUMANN & KLEIN 1996).

Der Bebauungsplan „Dreifelderstraße“ in Stuttgart-Plieningen sieht folgendes vor (FBB Fachverband Bauwerksbegrünung 1997):

„Die Dachflächen sind als begrünte Flächen auszubilden und auf mindestens 12 cm Substratauflage mit heimischen Gräsern, Wildkräutern und bodendeckenden Gewächsen zu bepflanzen und so zu erhalten.“

Die Stadt Esslingen geht in ihrem Satzungsentwurf noch einen Schritt weiter und berücksichtigt auch das Wasserrückhaltevermögen der Dachbegrünung (FBB 1997):

„Die Dachbegrünungen müssen im Mittel eine durchwurzelbare Aufbaudicke von mindestens 15 cm aufweisen, wobei die Dicke der Vegetationstragschicht im Mittel mindestens 10 cm betragen muß, so daß dauerhaft eine geschlossene Vegetationsfläche, bestehend aus Sedum, Gras und Kraut, gewährleistet ist (Sedum-Gras-Kraut-Begrünung nach FLL-Richtlinie 1995). Intensivere Begrünungsformen sind ebenfalls zulässig.

Die Dachbegrünung muß in ihrem Gesamtaufbau eine Wasseraufnahmekapazität von mindestens 35 l/m<sup>2</sup> aufweisen. Der Gehalt an organischer Substanz der Vegetationstragschicht soll zwischen 3 und 12 Massen-% betragen.“

Keine bzw. wenig Berücksichtigung finden dabei Vegetationsformen mit Gehölzen und Sträuchern, die wie beschrieben eine sehr hohe ökologische Wertigkeit haben. In Esslingen wurden intensiv begrünte Dächer den Extensivbegrünungen als „ökologisch gleichwertig“ gestellt (FBB 1997). Dies verdeutlicht die noch fehlende Akzeptanz der extensiv-intensiv bzw. intensiv begrünten Dächer und eine unzureichende Differenzierung der unterschiedlichen Begrünungs- und Vegetationsformen.

RIEDMILLER (1994) beurteilte eine strukturreiche Grünplanung als sinnvollen Ansatz zum Biotop- und Artenschutz. Bei Festsetzungen im Bebauungsplan und in den daraus abgeleiteten Ausschreibungen (Leistungsbeschreibungen für die Ausführung begrünter Dächer) sollten folgende Punkte berücksichtigt werden, damit sich begrünte Dachflächen optimal als Instrument des Naturschutzes (u.a. Biotopvernetzung) verwenden lassen:

### **1. Förderung bestimmter Faunenelemente:**

Je nach Schichtaufbau und Vegetationsform werden unterschiedliche Tiergruppen und -arten gefördert bzw. finden keine Lebensgrundlage. Beispielsweise werden sich Wildbienen bevorzugt bei Sedum-Kräuter-Begrünungen einfinden, dagegen benötigen Heuschrecken eine Gras-Kraut-Vegetation für eine längerfristige Etablierung. Trockenheits- und frostempfindliche Bodentiere wie Regenwürmer, Schnecken usw. und hecken- bzw. höhlenbrütende Vögel sind unabdingbar auf Gehölze und Sträucher angewiesen. KLAUSNITZER (1993) beschrieb Fördermöglichkeiten der einzelnen Tiergruppen in der Stadt.

### **2. Lage des Daches:**

Sollen bestimmte Biotope und deren Tiergemeinschaften durch begrünte Dächer unterstützt werden, müssen für eine (relativ) schnelle Besiedlung standorttypischer Arten auch die Biotop ähnlichen Typs in der Nähe sein (BLAB 1985 und 1992). Die Wertigkeit des neuentstandenen Biotops „Gründach“ nimmt mit der Nähe zu artenreichen natürlichen Habitaten zu (RIEDMILLER 1994). Als ein großes Problem erkannte HEYDEMANN (1981) die Isolation des Biotopverbunds und beschrieb eine Entfernung von acht bis zehn Kilometer, die gleiche Biotoptypen maximal auseinander liegen dürfen.

### **3. Flächengröße:**

Für annähernd vollständige Biozönosen können Gründächer nie zu groß sein. Der Schwellenwert kann nach heutigem Stand der ökologischen Forschung nicht bestimmt werden. BONN (1996) empfahl für Dachbegrünungen eine Mindestgröße von 250 m<sup>2</sup>. Für Bodentiere können durchaus auch kleinere Flächen ausreichen. Für eine dauerhafte Mindestpopulation benötigen größere Laufkäferarten oder Wirbeltiere Mindestareale von einer etwa hundertfachen Größe (s. Kap. 3 und 6.3.2). Der entscheidende Vorteil großer Flächen liegt in der verbesserten Vegetations- und Strukturvielfalt, was bei kleinen Flächen nur unzureichend erfüllt werden kann. Durch die bei der vorliegenden Untersuchung gesammelten Erfahrungen können Flächengrößen ab etwa 4000 m<sup>2</sup> als optimal angesehen werden (vgl. MANN 1997). Das heißt jedoch nicht, daß nicht auch kleinere, strukturreiche Dachbegrünungen ähnliche Lebensgemeinschaften aufweisen können wie großflächige Areale (u.a. MANN 1998).

### **4. Abwechslungsreiche Begrünung mit unterschiedlichen Ausprägungen:**

Auf einer ausreichend großen Dachfläche lassen sich unter Verwendung unterschiedlicher Substrate und Schichtaufbauten (s. Kap. 2.3) strukturreiche Dachbegrünungen modellieren. Mit einem Schichtaufbau unterschiedlicher Höhe können trockene und feuchtere Bereiche geschaffen werden. Diese Grundlagen sind Voraussetzung für eine längerfristige Etablierung der unterschiedlichen Vegetationsformen (s. Kap. 2.5.1) und darauf basierend für geeignete Lebensraumbedingungen zur Einstellung dauerhafter Zoozönosen. Durch entsprechende Vegetation und Strukturelemente, wie partiell bzw. großflächig angelegte Substratanhügelungen, können überlebenswichtige Mikrohabitate gebildet werden. So können z.B. Gehölze auf dem Extrembiotop „Dach“ nur über längere Zeit überleben, wenn eine ausreichende Substrattiefe vorhanden ist. Das Vorhandensein von Sträuchern ist wiederum Voraussetzung für frost- und trockenheitsgeschützte Rückzugsbereiche, erweiterte Nahrungsquellen und Nisthabitate für viele Tiergruppen (vgl. ZWÖLFER 1982). HIRSCHFELDER (1991), HENNEBERG (1994), MANN (1994) und MECKE (1996) forderten Substrathöhen von mindestens 8 bis 15 cm und strukturierte Begrünungen, die offene, vegetationslose und dicht bewachsene Pflanzenbestände aufweisen sollen. Nach HEYDEMANN (1981) und anderen Autoren hat die Strukturdiversität einen großen Einfluß auf die Artenkapazität.

### **5. Artenreiche Vegetation:**

In Abhängigkeit von den Substraten und deren Einbauhöhen sollte eine möglichst artenreiche Pflanzenwelt etabliert werden. Durch eine überlegte Pflanzenauswahl entstehen nicht nur unterschiedliche Schichthöhen und damit eine Vielzahl von Mikrohabitaten, sondern vor allem wird die Nahrungsgrundlage für viele phytophage und saprophage Tiere geschaffen. Das Nahrungsangebot wird vielfältiger und der Blühaspekt optimiert, so daß viele Monate der Vegetationsperiode mit Blüten abgedeckt sind. In Abhängigkeit von der Vegetation sind dann auch seltenere, auf bestimmte Pflanzengattungen bzw. -arten spezialisierte Insekten, wie z.B. oligolektische Wildbienen, zu beobachten (RIEDMILLER 1994, MANN 1994). Bei der Pflanzenauswahl sollte möglichst auf fremdländische, sterile Arten verzichtet werden, soweit dies möglich ist. TAUCHNITZ (1996) diskutierte die Vor- und Nachteile exotischer Pflanzenverwendung. RIEDMILLER (1994) stellte bei Beobachtungen von Wildbienen auf begrünten Dächern fest, daß die Wildformen der ausgebrachten Pflanzen als attraktiver angesehen und häufiger frequentiert wurden. Auch wenn kleinflächige Dachbegrünungen eine attrahierende Wirkung auf Insekten ausüben können, ist eine positive Korrelation zwischen Blütenzahl und nahrungssuchenden Hummeln nachgewiesen worden, mit der zentralen Aussage, daß eine bestimmte Anzahl von Blüten einer Art vorhanden sein muß, damit Hummeln den Standort „Dach“ anfliegen (RIEDMILLER 1994). WESTRICH (1990) beschrieb eine Vielzahl an Futterpflanzen für Wildbienen. ZIMMERMANN (1987), HIRSCHFELDER (1991), KRUPKA (1993), MECKE (1996) und BONN (1996) forderten Dachbegrünungen mit hoher Pflanzenvielfalt.

### **6. Weitere Strukturelemente:**

Um wie schon oben angesprochen die Strukturdiversität nachhaltig zu erhöhen, sollten in Ergänzung und Abstimmung mit dem Schichtaufbau und der Vegetation bestimmte Strukturelemente verwendet werden. Dazu gehören neben unterschiedlichen Vegetationsformen und Nisthilfen (s.u.) auch künstlich angelegte Sand- und Lehmflächen, Kiesbänder, Steinaufschüttungen, Tothölzer, Bereiche mit offenen Substratstellen bzw. lichterem Pflanzenbeständen und Wasserflächen (vgl. MANN 1994, HIRSCHFELDER 1991, MECKE 1996, MÜLLER 1988, RIEDMILLER 1991 und 1994, BONN 1996, KRÜGER 1983, OPTIMA 1993). Einige im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Dächer (wie z.B. *Rust*, *Presse*, *AWA*, *PLK* und *Bru*) wiesen die angeführten Strukturelemente auf (MANN 1997 und 1998). Auch wenn im Normalfall flache Stillgewässer auf dem Extremstandort „Dach“ bei großer Hitze austrocknen, stellen sie doch lange Zeit eine gern angenommene Wasserquelle für Insekten und Vögel dar. Der Nutzen aller angeführten Strukturelemente liegt darin, daß neue Mikrohabitate (Zufluchtsort, Sonnenplatz, Balzplatz, Nisthilfe, usw.) mit eigenem Mikroklima geschaffen werden.

### **7. Nisthilfen:**

Die unterschiedlichsten Nisthilfen wurden zwar von einigen Autoren auch für Gründächer als ökologische Aufwertung empfohlen (MECKE 1996, MANN 1994, KRÜGER 1983, MÜLLER 1988, OPTIMA 1993), jedoch nur von RIEDMILLER (1994) und MANN (1996b, 1997 und unveröffentlicht) in der Praxis angewandt. Als Nisthilfen für Insekten dienten selbstangefertigte Hart- und Weichhölzer mit Bohrungen unterschiedlicher Größen, Löbkkästen, Sandaufschüttungen und Hummelnistkästen. RIEDMILLER (1994) ermittelte Brutnachweise von insgesamt 13 Wildbienenarten und bei MANN (1996b, 1997 und unveröffentlicht) waren von sechs aufgestellten Hummelnistkästen (auf den Dächern *Musi*, *Presse*, *KiGa*, *PLK*) vier mit kleinen Völkern belegt. KRÜGER (1983) und KLAUSNITZER (1993) gaben detaillierte Hinweise für den Aufbau weiterer Nisthilfen.

### **8. Entwicklungs- und Erhaltungs-Pflege der fertiggestellten Dachbegrünung:**

Trotz optimaler Gestaltung bleibt ein begrüntes Dach immer ein nicht-natürlicher Standort, so daß der Pflege nach der Fertigstellung der Begrünung eine bedeutende Rolle zukommt, um die beabsichtigten ökologischen Ziele auch längerfristig zu halten bzw. zu erreichen. Als grundsätzliche Forderung beschrieb BLAB (1985) bei Biotopneugestaltungen ein planvolles Vorgehen bei der Entwicklung und Pflege. Die FLL (1995) unterscheidet und definiert hierzu die Fertigstellungs-, Entwicklungs- und Erhaltungs-Pflege, wobei jeweils die Pflegemaßnahmen (wie Entfernung unerwünschter Pflanzen, Rückschnitt, Düngung, usw.) mehr oder weniger geregelt sind. Bislang fehlen allerdings Erfahrungen zur Pflege ökologisch aufwendig gestalteter Gründächer, weil besagte Objekte noch relativ jung sind oder die ausführenden Garten- und Landschaftsbaubetriebe keine Pflegeaufträge bekommen hatten und die Dachbegrünungen sich selbst überlassen wurden. Die Anlage begrünter Dächer aus ökologisch-naturschutzkundlicher Sicht mit bestimmten Zielvorstellungen macht nur dann Sinn, wenn über die Planung und Ausführung hinaus auch die spätere Pflege sichergestellt ist (vgl. auch Kap. 2.3 und BAUMHAUER 1998).

### **9. Kontrolle und Bewertung fertiggestellter Dachbegrünungen:**

Die detaillierte Festschreibung einer Dachbegrünung in Bebauungsplänen und Baubeschreibungen kann nur dann ernst genommen werden, wenn zum einen Kontrollen der fertiggestellten Begrünungen durch fachmännische, protokollierte und damit nachvollziehbare Abnahmen (vgl. KRUPKA 1994, NEUMANN 1995, HÄMMERLE & LANDSKRON 1996) erfolgen und zum anderen Strafen bei Nichteinhaltung fällig werden. MAHLER (1996) diskutierte die Belohnung mit „Ökopunkten“ als einen neuen Weg zur Umsetzung der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung. Nur über Kontrollen kann sichergestellt werden, daß die Ziele des § 8 BNatSchG auch erreicht werden. Im nachfolgenden Abschnitt soll näher auf diese Thematik eingegangen werden.

### Bewertung von Dachbegrünungen

Spätestens seit 1993 mit Inkrafttreten des § 8 BNatSchG wurde die Notwendigkeit einer differenzierten Bewertungsmöglichkeit für begrünte Dächer deutlich. Mit den „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ der FLL (1992) waren zu diesem Zeitpunkt die technischen Grundvoraussetzungen und -bedingungen beschrieben. Erste Ansätze eines Bewertungsschlüssels für Dachbegrünungen waren bei OPTIMA (1993) und HENNEBERG (1994) zu erkennen. Ein umfangreicheres Bewertungssystem und ausführlichere Erläuterungen dazu gaben KRUPKA (1994) und NEUMANN (1995). Der Arbeitskreis „Dachbegrünung“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) faßte alle Erkenntnisse in der „Bewertung von Dachbegrünungen - Empfehlungen zur Bewertung in der Bauleitplanung, bei der Baugenehmigung und bei der Bauabnahme“ zusammen (FLL 1996). Mit diesen Grundlagen war es möglich, schon in der frühen Phase der Bauleitplanung, genaue Zielvorgaben hinsichtlich Dachbegrünungen festzusetzen. Die von GROSSE-WILDE (1996) veröffentlichten Bewertungskriterien beinhalteten teilweise modifizierte bzw. andere Aspekte. Eine Übersicht der vorhandenen, praxisnahen Bewertungsempfehlungen und deren Inhalte sind in Tab. 29 dargestellt.

Tab. 29: Übersicht der Vorschläge zur differenzierten Bewertung von Dachbegrünungen

Autor	Bewertungskriterien	Bemerkungen
<p>HENNEBERG (1994)</p>	<p>Punktesystem, angeordnet nach Vegetationsformen.                      Punktevergabe für einen "Normalaufbau":                      Bewertung nach Höhe des Schichtaufbaus, Regenwasserrückhalt, Vielfalt der Pflanzenarten.                      Punktevergabe für "zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der Ausgleichswertigkeit": Anhögelungen, Wasserflächen, Nisthilfen.</p>	<p>Relativ einfache Handhabung, da nur Punktwerte von 3 bis 13 zu erreichen sind.                      Bewertung von nur fünf Vegetationsformen.                      Berücksichtigung von Strukturvielfalt und Strukturelementen.</p>
<p>KRUPKA (1994)</p>	<p>Punktesystem, nach Begrünungsart (extensiv und intensiv) unterteilt.                      Ausgangsbasis ist die durchwurzelbare Schichtdicke des Begrünungsaufbaus.                      Ergänzung durch Max. Wasserkapazität und Artenzahl der Pflanzen.                      Bei Intensivbegrünungen keine Verknüpfung mit Pflanzenvielfalt.</p>	<p>Weite Abstufung des Punktesystems und damit weitere differenzierte Bewertungen möglich.                      Grundpunkte von 40 bis 300.                      Richtwerte für Artenzahl der Pflanzen und Max. Wasserkapazität werden angegeben, jedoch keine Vegetationsformen.                      Zu- bzw. Abschlag für Nicht-Erreichen der Richtwerte.                      Punktzahl für Intensivbegrünungen gegenüber Extensivbegrünungen um die Hälfte reduziert.</p>
<p>FLL (1996)</p>	<p>Punktesystem in Anlehnung an KRUPKA (1994), jedoch leicht veränderte Richtwerte für Artenzahlen und Max. Wasserkapazität. Intensivbegrünungen müssen Grünvolumenzahl erreichen.                      In Begrünungsarten und Vegetationsformen aufgeteilt.</p>	<p>Grundpunktezahlgibt sich in Abhängigkeit von der durchwurzelbaren Schichtstärke, unabhängig ob extensiv oder intensiv.                      Bei Überbieten der Richtwerte gibt es keine Zuschläge.                      Relativ komplexes Bewertungssystem.</p>
<p>GROSSE-WILDE (1996)</p>	<p>Punktesystem nach den Kriterien Wasserspeicherung, Bedeckungsgrad, Pflanzengesellschaft, Substratstärke und Versorgungsabhängigkeit.                      Unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Kriterien.</p>	<p>Wasserrückhaltevermögen zum ersten Mal auf m<sup>2</sup> bezogen.                      Ebenfalls erstmals den Aspekt Pflege berücksichtigt.                      Artenvielfalt nur pauschal in Pflanzengesellschaften integriert.</p>

Bei genauer Betrachtung aller Bewertungssysteme fällt auf, daß auf die Belange der Fauna, mit Ausnahme von OPTIMA (1993), die Strukturelemente wie z.B. Nisthilfen gesondert bewertete, nicht näher eingegangen wurde. Weder der Nachweis bestimmter Faunenelemente, noch die Erfassung struktur- und diversitätsverbessernder Maßnahmen wurde bislang berücksichtigt und gefordert bzw. honoriert. MANN (1994) und BONN (1996) wiesen im Rahmen dachspezifischer zoologischer Untersuchungen darauf hin. Nach Stand der heutigen faunistischen Erkenntnisse sind die Angaben der FLL (1996) hinsichtlich des „vollständigen qualitativen Ersatzes für Beeinträchtigungen der Tierwelt“ durch verschiedene Vegetationsformen sehr kritisch zu betrachten (vgl. auch MECKE 1996, BONN 1996): wie sich im Rahmen dieser Untersuchung deutlich gezeigt hat, beherbergen extensive Dachbegrünungen äußerst selten alle größeren, bestandsabbauenden Bodentiergruppen (wie Regenwürmer, Asseln, Tausendfüßer, Nackt- und Gehäuseschnecken), woraus abgeleitet werden kann, daß keine vollständigen Nahrungsketten möglich sind. BONN (1996) und FRÜND (1996) gaben zu bedenken, daß eine bestimmte „durchwurzelbare Schichtstärke“, wie sie als Ausgangsbasis des Bewertungssystems der FLL (1996) beschrieben wurde, alleine noch keine reichhaltige Fauna gewährleisten würde und deshalb mit einem bestimmten Vegetationsziel verknüpft werden müßte. Weiterhin ist bei dem Bewertungssystem der FLL (1996) unklar, wie bei extensiv begrünten Dächern mit partiellen Anhögelungen und Gründächern, die auf einer Fläche unterschiedliche Vegetationsformen aufweisen, zu verfahren ist.

Das BNatSchG hat das Ziel, u.a. die Funktionen von Boden, Klima, Luft, Landschaftsbild, Flora und Fauna zu erhalten, zu schützen und zu verbessern. Daß dies mit Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahmen, je nach Begrünungsart, mehr oder weniger möglich ist, wurde ausführlich erläutert. Um nun zu überprüfen, ob das o.g. bzw. daraus abgeleitete (und festgesetzte) Ziel erreicht wurde, müssen sich die Qualitätskontrollen auf folgende Bereiche beziehen:

### **1. Klima/Umwelt**

Retentionsvermögen (Wasserrückhaltekraft/Wasserspeichervermögen) des gesamten Schichtaufbaus (optimaler Fall) und der Einzelkomponenten (Vliese, Drainage, Substrat; suboptimaler Fall).

Ergebnisse aus langfristigen Freilanduntersuchungen zum Regenwasserrückhalt stellen den optimalen Fall dar (MANN & HENNEBERG 1998a). Durch Substratanalysen (nach Vorgaben der FLL 1995) können zwar Werte für die Maximale Wasserkapazität erbracht werden, jedoch ist unklar, wie sich die Materialien bei „nicht-genormten“ Niederschlagsereignissen verhalten.

### **2. Boden/Substrate**

a. Durchwurzelbare Schichtstärke (Drainage und Substrat).

Möglichst vollständig durchwurzelbare Drän- und Substratschichten als Voraussetzung für artgerechtes Pflanzenwachstum und natürliches Bodenleben. Nicht-natürliches bzw. inertes Material (z.B. PVC-Dränelemente) sollte niedriger bewertet werden (vgl. KRUPKA 1993 und 1994).

b. Schadstoffunbedenkliche Materialien.

Alle im Schichtaufbau verwendeten Materialien müssen frei von grundwassergefährdenden Stoffen sein. Ein Themenkomplex, der erst in jüngerer Zeit zur Diskussion steht, so daß wenige Erkenntnisse darüber vorliegen (FISCHER 1995, BELKE & ROTH-KLEYER 1997, BELKE 1996, POPP & FISCHER 1997).

### **3. Flora**

#### **a. Vegetationsform(en).**

Einordnung der vorgefundenen Flora in die Vegetationsformen der FLL (1996). Aufgrund der Vegetationsform lassen sich Rückschlüsse auf die faunistischen und klimatischen Wirkungen ziehen. Dabei ist der Wert einer Moos-Sedum-Begrünung beispielsweise deutlich geringer als der einer Wildstauden-Gehölze-Begrünung. Mehrere Vegetationsformen, die auf einer größeren Dachfläche erfaßt werden, sind hoch zu bewerten.

#### **b. Artenvielfalt.**

Erstellung einer Pflanzenliste, bei der nur sporadisch vorkommende Arten unberücksichtigt bleiben. „Theoretische“ Angaben von Dachbegrünungsherstellern sollten auf dem Gründach vor Ort überprüft werden.

#### **c. Bedeckungsgrad.**

Im Rahmen der zu erstellenden Pflanzenliste werden auch die projektiven Deckungen, beispielsweise nach BRAUN-BLANQUET (1964), ermittelt. Ein Bedeckungsgrad unter 60 % und über 95 % könnte sich nachteilig auf die Strukturvielfalt und damit auf die Tiergemeinschaften auswirken.

### **4. Fauna**

#### **a. Bodentiere (wirbellose Makrofauna).**

Das Vorkommen der Bodentiergruppen Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer, Nackt- und Gehäuse-schnecken muß hoch bewertet werden. Die Bodentiere können hierbei als Indikatoren für längerfristig geeignete Lebensraumbedingungen und für (relativ) ausgewogene, stabile Ökosysteme dienen.

#### **b. Wirbeltiere (Fortpflanzungsnachweise).**

Bei den Wirbeltieren werden i.d.R. nur Vögel zu beobachten sein. Nachweise von Nestern, Gelegen und Jungvögeln können Zusatzpunkte ergeben.

Der speziell geführte Nachweis von wirbellosen Tieren, wie z.B. Wildbienen, ist u.a. aus Zeitgründen nicht angebracht, zumal eine direkte Abhängigkeit zwischen vorhandenen Blütenpflanzen und dem Sicheinfinden von Insekten besteht.

### **5. Strukturdiversität**

Die Feststellung von vielfältigen und abwechslungsreich gestalteten Dachbegrünungen als Grundlage für die Fauna muß hoch bewertet werden und gehört eigentlich zu Punkt 4. Aufgrund der bedeutenden Stellung ist jedoch eine gesonderte Aufzählung erfolgt. Unter Strukturdiversität sind Strukturelemente wie Anhögelungen mit Gehölzpflanzung, Ruderalflächen (Kies, Sand), Totholz, Wasserflächen und Nisthilfen zu verstehen.

### **6. Umwelt**

Im optimalen Fall könnten alle verwendeten Materialien eine Umweltverträglichkeitsprüfung UVP nachweisen. Dies ist zum jetzigen Stand sehr selten der Fall, da bislang nur wenige Städte konkrete Auflagen (z.B. Berlin: PVC-freie Stoffe) zur Materialauswahl machen. NEUMANN (1990), KRUPKA (1993) und BONN (1996) gaben hierzu schon Denkanstöße. Für Dachbegrünungen werden Aspekte des ökologischen Bauens und der Einsatz umweltverträglicher, wiederverwendbarer Baustoffe ohne toxische Wirkungen bedeutend sein (NEUMANN 1990). UVP's spielen im Bereich Dachbegrünung derzeit noch eine untergeordnete Rolle, was sich in den nächsten Jahren sicherlich ändern wird.

Eine Wertung der angeführten sechs Punkte soll hier aus verschiedenen Gründen nicht erfolgen. Sie wird sich u.a. nach der Zieldefinition in der frühen Planungsphase richten. Die Planung und Kontrolle aller Dachbegrünungen muß sich nach dem aktuellen Stand der Technik

(FLL 1995) richten. Zu den oben angeführten zu überprüfenden Funktionsbereichen passende Kontrollinstrumente sind in Tab. 30 aufgelistet. Anhand der Auflistung ist zu erkennen, daß für eine vereinfachte Qualitätskontrolle, die sinnvollerweise ein bis drei Jahre nach der Ausführung erfolgt, größtenteils der Gründachplaner befähigt ist. Detaillierte, umfassende Bewertungen sind allerdings nur von unabhängigen Fachkundigen bzw. Gutachtern durchzuführen (vgl. KRUPKA 1994, NEUMANN 1995). HÄMMERLE & LANDSKRON (1996) forderten sogar einen neu zu schaffenden „Grünen TÜV“.

Tab. 30: Qualitätskontrolle bei Dachbegrünungen

Zu schützende Funktionen	Bewertungsbereich	Kontrollinstrumente <sup>1</sup>	Zeitpunkt <sup>3</sup> der Kontrolle
Klima/Umwelt	Retentionsvermögen	Berichte wissenschaftlicher Untersuchungen (Freilanduntersuchungen, Materialanalysen nach FLL (1995) auf Max. Wasserkapazität, Bemessungsregen n. DIN/ATV <sup>2</sup> ).	Vor Baubeginn; ggf. Probe auf der Begrünung nehmen und analysieren lassen.
Boden/Substrate	Durchwurzelbare Schichtstärke	Aufmaß und Lieferscheine, Meterstab.	Nach der Fertigstellungspflege auf der Begrünung.
	Schadstoffunbedenklichkeit	Toxizitätstests (Leuchtbakterien- und Daphnien-Test, Keimtests).	Vor Baubeginn.
Flora	Vegetationsformen Artenvielfalt Bedeckungsgrad	Vegetationsaufnahme durch einen Fachmann; Bonitierung nach BRAUN-BLANQUET (1964).	Nach der Fertigstellungspflege bzw. nach der Entwicklungspflege auf der Begrünung.
Fauna	Bodentiere (Wirbellose)	Nachweis des Vorkommens durch die Punkt-Bestandsaufnahme eines Fachmanns (Kap. 2.2).	Nach der Fertigstellungspflege bzw. nach der Entwicklungspflege auf der Begrünung.
	Wirbeltiere	Fortpflanzungsnachweise durch Nestfunde belegen.	
Strukturdiversität	Vielfältigkeit der Dachbegrünung	Kartierung der ermittelten Strukturelemente.	Nach der Fertigstellungspflege auf der Begrünung.
Umwelt	UVP der Produkte	UVP's, Produktdatenblätter, Herstellernachweise.	Vor Baubeginn.

1: Prinzipiell müssen zu jedem Bewertungsbereich die Forderungen aus dem Bebauungsplan und die Vorgaben der Richtlinie der FLL (1995) zum Vergleich herangezogen werden.

2: DIN 1986 Teil 2, Abwassertechnische Vereinigung ATV

3: Die Überprüfung der Qualitäten erfolgt in Anlehnung der Audits im Qualitäts- und Umweltmanagement (DIN ISO 10011) in einer Vorabprüfung der Dokumente und einer Vor-Ort-Prüfung in der Praxis.

Die in dieser Untersuchung vorgelegten Daten und Anregungen können zur Einordnung der ökologischen Wertigkeit, Bewertung und weiteren Akzeptanz begrünter Dächer als Kompensationsmaßnahmen beitragen. Dabei wurde nicht nur die Frage nach speziell ausgebildeten Gründach-Gutachtern gestellt, sondern gleichzeitig weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf „Tiere auf dem Dach“ ermittelt.

## 8. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, grundlegende Daten über das Vorkommen verschiedener Tiergruppen, insbesondere von Bodentieren, auf begrünten Dächern zu sammeln. Auf der Basis der daraus gewonnenen Erkenntnisse sollte die Frage der ökologischen Wertigkeit und der Eignung von Dachbegrünungen als Kompensationsmaßnahme nach § 8 BNatSchG beantwortet werden.

1. Um nicht nur allgemeine Aussagen über „Dachbegrünungen“ machen zu können, wurden alle hier untersuchten Gründächer in die entsprechenden Begrünungsarten (extensiv, intensiv und Zwischenstufen) bzw. in sechs unterschiedliche Vegetationsformen eingeteilt. In den Jahren 1993 bis 1997 (Schwerpunkt 1996/97) wurden insgesamt 125 Dachbegrünungen, davon eine neu errichtete Versuchsanlage mit acht unterschiedlichen Teilflächen, faunistisch untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Versuchsanlage, bei der alle untersuchten Parzellen gleiche Randbedingungen hatten und sich nur in der Vegetation unterschieden, konnten mit den Erkenntnissen von in verschiedenen Städten Deutschlands (vorrangig Baden-Württemberg) gebauten Dachbegrünungen verglichen werden.
2. Mit Bodenfallen und Handaufsammlungen wurden vorrangig die größeren Bodentiergruppen, wie Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer, Gehäuse- und Nacktschnecken erfaßt. Diese im Naturhaushalt überaus wichtigen Tiergruppen, die bedeutende Funktionen bei der Remineralisierung des Bestandsabfalls übernehmen, erwiesen sich in dieser Arbeit als relativ leicht erfaßbare Indikatoren für die dauerhafte Besiedlung begrünter Dächer. Es zeigte sich u.a. durch Temperaturmessungen, daß nur unter entsprechenden Lebensraumbedingungen die frost- und trockenheitsempfindlichen Bodentiere auf Dauer überleben können. Auf einigen Dächern wurden zusätzlich weitere Tiergruppen ermittelt und ausgezählt, um aufzuzeigen, daß jeder Begrünungsart charakteristische Zoozönosen zuzuordnen sind.
3. In den Bodenfallen wurden insgesamt 55.692 Tiere gefangen und den entsprechenden Taxa zugeteilt. Bei den bestandsabbauenden Bodentiergruppen konnten 52 Arten ermittelt werden, die sich wie folgt aufteilten: 5 Regenwurmart, 10 Asselarten, 10 Doppelfüßerarten, 21 Gehäuseschneckenarten und 6 Nacktschneckenarten.
4. Die Untersuchungen ergaben, daß aufgrund der vorgegebenen Begrünungsarten auch Lebensgemeinschaften mit typischer Verteilung der dominanten Tiergruppen zu beobachten waren. Flachgründige, einfach strukturierte Extensivbegrünungen boten vor allem Spinnen, „Fluginsekten“ und Käfern einen Lebensraum. Hingegen konnten auf intensiv begrünten Dachflächen durchaus Bodentiere wie Asseln oder Schnecken als häufigste Tiergruppen verzeichnet werden.
5. Eine Regressionsanalyse ergab eine positive Korrelation zwischen der Zahl der gefundenen Makrosaprophagen und der jeweiligen Vegetationsform: Auf Moos-Sedum- und Sedum-Gras-Kraut-Dächern wurden sehr selten Bodentiere beobachtet, während auf allen intensiven Vegetationsformen aufgrund der optimalen Lebensraumbedingungen (ausgeglichene Temperatur- und Feuchteverhältnisse) solche Bodentiere nachgewiesen wurden.
6. Dachbegrünungen, die (zumindest in Form von Anhögelungen und der damit verbundenen Gehölzpflanzungen) Rückzugsbereiche für austrocknungsempfindliche Tierarten aufweisen, können dauerhafte Ersatzlebensräume für eine vielfältige Zoozönose darstellen und sind aus diesem Grund als ökologisch hochwertig einzuschätzen.
7. Es wird angeregt, vor allem Bodentiere (Makrofauna) und Strukturelemente in die bestehenden Bewertungssysteme für Dachbegrünungen aufzunehmen, um so über Nahrungsbeziehungen intakte Ökosysteme auch auf dem Gründach nachweisen zu können. Die vorgenommenen Literaturvergleiche haben die eigenen Ergebnisse unterstrichen, den Bezug zur Praxis hergestellt und den Bedarf an einem praxisnahen Bewertungssystem verdeutlicht.

## 9. Literaturverzeichnis

**ACHTEL, L.** (1991): Untersuchungen zur Besiedlung begrünter Dächer durch Arthropoden im Stadtbereich. - Diplomarb. Univ. Kiel

**ACKERMANN, A.** (1992): Begrünte Dächer und Freiräume - Modeerscheinung oder ökologische Notwendigkeit? - Dach + Grün 1, 3-9

**ADIS, J.** (1974): Bodenfallenfänge in einem Buchenwald und ihr Aussagewert. - Diplomarb. Univ. Göttingen

**ADIS, J., KRAMER, E.** (1975): Formaldehyd attrahiert *Carabus problematicus* (Coleoptera, Carabidae). - Entom. Germ. 2, 121-125

**ANT, H.** (1963): Faunistische, ökologische und tiergeographische Untersuchungen zur Verbreitung der Landschnecken in Nordwestdeutschland. - Abh. Landesmus. Naturkde. Münster/Westf. 25, 1-125

**ATTEMS, C.** (1931): Das Sammeln und Konservieren der Myriapoden. - Ann. Naturhist. Mus. Wien 45, 281-286

**BAARS, M.A.** (1979): Catches in pitfall traps in relation to mean densities of Carabid beetles. - Oecologia 41, 25-46

**BAKER, A. N.** (1974): Some aspects of the economic importance of millipedes. - Symp. zool. Soc. Lond. 32, 621-628

**BALKENHOL, B., ZUCCHI, H.** (1989): Vergleichende Untersuchungen zur Überwinterung von Spinnen (Araneae) in verschiedenen Habitaten. - Zool. Jb. Syst. 116, 161-198

**BALOGH, J.** (1958): Lebensgemeinschaften der Landtiere. Ihre Erforschung unter besonderer Berücksichtigung der zooökologischen Arbeitsmethoden. - Akademie-Verlag, Berlin

**BARBER, H.S.** (1931): Traps for cave-inhabiting insects. - Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 46, 259-265

**BARTFELDER, F., KÖHLER, M.** (1987): Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen. - Diss. Techn. Univ. Berlin

**BAUMHAUER, J.** (1998): Was ist Pflege bei Dachbegrünungen. - Deutscher Gartenbau 24, 22-23

**BECK, L., BRESTOWSKY, E.** (1980): Auswahl und Verwertung verschiedener Falllaubarten durch *Oniscus asellus* (Isopoda). - Pedobiologia 20, 428-441

**BELKE, H.** (1996): Toxizitätstest für Dachgartensubstrate. - Dach + Grün 1, 14-16

**BELKE, H., ROTH-KLEYER, S.** (1997): Recyclingstoffe in Dachbegrünungssubstraten. - Landschaftsarchitektur, 22-26

- BERGER, W.** (1988): Dachbegrünung als ökologische Maßnahme zur Umweltverbesserung. - Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde, Amt für Landschaftsplanung, Hamburg
- BEYER, R.** (1964): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Landisopoden in Mitteldeutschland. - Zool. Jb. Syst. 91, 341-402
- BICK, H.** (1993): Ökologie. Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- BISHOP, L., RIECHERT, S.** (1990): Spider colonization of agroecosystems: Mode and Source. - Environ. Entomol. 19, 1738-1745
- BLAB, J.** (1985): Zur Machbarkeit von „Natur aus zweiter Hand“ und zu einigen Aspekten der Anlage, Gestaltung und Entwicklung von Biotopen aus tierökologischer Sicht. - Natur und Landschaft 4, 136-139
- BLAB, J.** (1992): Isolierte Schutzgebiete, vernetzte Systeme, flächendeckender Naturschutz? - Natur und Landschaft 9, 419-424
- BLOWER, J.G.** (1955): Millipedes and centipedes as soil animals. In: KEVAN, D.K. Mc E.: Soil zoology. Proc. Univ. Nottingham, Butterworths Sci. Publ. London, 138-151
- BOER, P.** (1982): On the stability of animal populations, or how to survive in a heterogeneous and changeable world? - In MOSSAKOWSKI, D., ROTH, G. (Hrsg.): Environmental Adaption and Evolution, Gustav Fischer, Stuttgart, New York
- BONN, A.** (1996): Tierökologische Aspekte begrünter Dächer in Braunschweig. - Diplomarb. Univ. Braunschweig
- BORCHARDT, W.** (1994): Pflanzenstandort Flachdach. - Das Gartenamt Heft 5, 342-346
- BORNKAMM, R.** (1961): Vegetation und Vegetationsentwicklung auf Kiesdächern. - Vegetatio 10, 1-25
- BOSSLER, G., SUSZKA, B.** (1988): Spontanvegetation auf Dächern in Osnabrück. - Diplomarb. FH Osnabrück, FB Landespflege
- BRANDES, J.** (1951): Verschleppung von Landschnecken durch einen Singvogel. - Arch. Moll. 80, 85
- BRAUN-BLANQUET, J.** (1964): Pflanzensoziologie. - Springer Verlag, Wien
- BRAUNE, F.** (1974): Kritische Untersuchungen zur Methodik der Bodenfallen. - Diss. Kiel
- BROWN, J.H., KODRIC-BROWN, A.** (1977): Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. - Ecology 58, 445-449
- BRUCKER, G., KALUSCHE, D.** (1990): Bodenbiologisches Praktikum. - Biologische Arbeitsbücher, Quelle und Meyer, Heidelberg

- CHAMBERLIN, R.V., HOFFMAN, R.L.** (1957): Checklist of the millipeds of North America. - United States National Museum Bulletin 212, 1-236
- CHAMBERS, V. H.** (1968): Pollens collected by species of *Andrena*. - Proc. R. Entomol. Soc. London, Ser. A. 43, 155-160
- CORSMANN, M.** (1990): Die Schneckengemeinschaft (Gastropoda) eines Laubwaldes: Populationsdynamik, Verteilungsmuster und Nahrungsbiologie. - Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe A, Bd. 58, 1-208
- CRABILL, R.E.** (1955): Report of another european chilopod in eastern North America (Chilopoda: Geophilomorpha). - Entomological News 66, 248-249
- DARIUS, F., DREPPER, J.** (1983): Ökologische Untersuchungen auf bewachsenen Kiesdächern in West-Berlin. - Diplomarb. Freie Univ. Berlin
- DARWIN, C.** (1883): The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. - John Murray, London
- DDV** (1998): Bebauung erst durch Gründächer möglich. - Deutscher Gartenbau 27, 46
- DETZEL, P.** (1992): Heuschrecken und ihre Verbreitung in Baden-Württemberg. - Arbeitsblätter Naturschutz, LFU Karlsruhe, 19, 1-64
- DÜLGE, R.** (1989): Einflüsse verschiedener Standortparameter auf die Besiedlung von Habitatsinseln durch Carabiden (Coleoptera: Carabidae). - Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 7, 190-197
- DÜRR, A.** (1994): Dachbegrünung. Ein ökologischer Ausgleich. Umweltwirkungen, Recht, Förderung. - Bauverlag, Wiesbaden, Berlin
- DUFFEY, E.** (1956): Aerial dispersal in a known spider population. - J. Anim. Ecol. 25, 85-111
- DUFFEY, E.** (1966): Spider ecology and habitat structure (Arach: Araneae). - Senck. Biol. 47, 45-49
- DUNGER, W.** (1958): Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. - Zool. Jb. Syst. 86, 139-180
- DUNGER, W.** (1983): Tiere im Boden. - 3. Auflage. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt
- DUNGER, W., FIEDLER, H.J.** (1989): Methoden der Bodenbiologie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- EICKWORT, G. C., GINSBERG, H.S.** (1980): Foraging and mating behavior in Apoidea. - Ann. Rev. Ent. 25, 421-446

**EISENBEIS, G., WICHARD, W.** (1985): Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York

**ENGELMANN, H.-D.** (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. - *Pedobiologia* 18, 378-380

**ERIKSEN, W.** (1964): Beiträge zum Stadtklima von Kiel. - Schriften des geographischen Institutes der Univ. Kiel 22, 1

**ERNST, W., WEIGERDING, J.** (1986): Ökologische und ökonomische Vorteile einer extensiven Flachdachbegrünung aus entwässerungstechnischer Sicht. - *Das Gartenamt* 35, 348-355

**EVERS, A.M.** (1977): Faktoren zur Verbreitung kleiner Organismen. - *J. ber. Naturwiss. Ver. Wuppertal* 30, 116-122

**FBB FACHVERBAND BAUWERSBEGRÜNUNG** (1997): Verankerungen von Dachbegrünungen im kommunalen Baurecht. - Information Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e. V., Köln, Hrsg.

**FECHTER, R. & FALKNER, G.** (1990): Weichtiere. Europäische Meeres- und Binnenmollusken. - Steinbachs Naturführer, Mosaikverlag, München

**FISCHER, P.** (1995): Düngung und Nährstoffauswaschung bei einschichtiger Dachbegrünung. - *Das Gartenamt* 2, 100-104

**FLISSE, J., ZUCCHI, H.** (1993): Besiedlung innerstädtischer Kleinstgrünflächen durch Spinnen und Laufkäfer (Araneae et Carabidae). - *Z. Ökologie u. Naturschutz* 2, 99-112

**FLISSE, J., KACHE, P., ZUCCHI, H.** (1992): Untersuchungen zur Besiedlung innerstädtischer Kleinstflächen durch ausgewählte Arthropodentaxa. Teil I: Spinnen und Laufkäfer (Araneae et Carabidae). - *Z. Ökologie u. Naturschutz* 2, 99-120

**FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU FLL** (1992): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. - Schriftenreihe der FLL Hrsg.

**FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU FLL** (1995): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. - Schriftenreihe der FLL Hrsg.

**FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU FLL** (1996): Bewertungen von Dachbegrünungen: Empfehlungen zur Bewertung in der Bauleitplanung, bei der Baugenehmigung und bei der Bauabnahme. - Schriftenreihe der FLL Hrsg.

**FRANK, K. et al.** (1994): Überleben in fragmentierten Lebensräumen-Stochastische Modelle zu Metapopulationen. - *Z. f. Ökologie u. Naturschutz* 3, 167-178

- FRÜND, H.C.** (1990): Zur bodennahen Fauna in Straßen-Baumscheiben verschiedener Gestaltung. - *Natur u. Landschaft* 65, 597-599
- FRÜND, H.C.** (1996): Dachbegrünung als Lebensraum für Tiere? - *Stadt und Grün* 2, 92-96
- FRÜND, H.C., RUSZKOWSKI, B.** (1989): Untersuchungen zur Biologie städtischer Böden. 4. Regenwürmer, Asseln und Diplopoden. - *Verh. GfÖ XVIII*, 193-200
- FRÜND, H.C., RUSZKOWSKI, B., SÖNTGE, M., GRAEFE, U.** (1988): Besiedlung städtischer Böden durch Regenwürmer, Enchytraeiden und bodenlebende Gehäuseschnecken. - *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 56, 351-356
- GILGEN, H.** (1994): Zwanzig Jahre Erfahrung mit Extensivbegrünung. - *Deutscher Gartenbau* 10, 617-619
- GILPIN, M.E., SOULÉ, M.E.** (1986): Minimum viable populations process of species extinction. In: SOULÉ, M.E.: *Conservation biology, The Science of scarcity and diversity.* - *Sunderland Man.*, 19-34
- GLICK, P.A.** (1939): The distribution of insects, spiders and mites in the air. - *Tech. Bull. U.S. Dep. Agric. No. 673*, 1-150
- GLÜCK, E. & SPELDA, J.** (1996): Sukzession der Destruentencoenosen von Sturmwurfflächen. - *Veröff. PAÖ*, 16: 367-377, Karlsruhe
- GÖTZE, H.** (1990): Vorträge zu Schutzwirkungen von Dachbegrünungen. - *Seminarunterlagen*, Stein
- GRAFF, O.** (1983): *Unsere Regenwürmer.* - Schapper, Hannover
- GROSSE-WILDE, J.** (1996): Dachbegrünung als ökologischer Ausgleich. - *Deutscher Gartenbau* 19, 1120-1123
- GRUNER, H.E.** (1965): Krebstiere oder Crustacea. V. Isopoda. 2. Lieferung. - In: DAHL, F.: *Die Tierwelt Deutschlands*, 51: 1-149. Jena
- GRUNER, H.E.** (1966): Krebstiere oder Crustacea. V. Isopoda. 2. Lieferung. - In: DAHL, F.: *Die Tierwelt Deutschlands*, 53: 150-380. Jena
- HAACKER, U.** (1967): Tagesrhythmische Vertikalbewegungen bei Tausendfüßern (Myriapoda, Diplopoda). - *Die Naturwissenschaften* 54, 346-347
- HÄMMERLE, F.** (1994): Begrünen von dünn-schichtigen Substrataufbauten im Anspritzverfahren. - *Neue Landschaft Heft* 5, 383-386
- HÄMMERLE, F.** (1995): Kosten-Nutzen-Analyse einer extensiven Dachbegrünung. - *Dach+Grün* 1, 2-5
- HÄMMERLE, F., LANDSKRON, J.** (1996): Warum brauchen wir den „Grünen TÜV“? - *Dach + Grün* 2, 25-28

- HAESLER, V.** (1972): Anthropogene Biotope (Kahlschlag, Kiesgrube, Stadtgärten) als Refugium für Insekten, untersucht am Beispiel der Hymenoptera Aculeata. - Zool. Jb. Syst. 99, 133-212
- HAGEDOORN, J., ZUCCHI, H.** (1989): Untersuchungen zur Besiedlung von Kletterpflanzen durch Insekten und Spinnen an Hauswänden. - Landschaft und Stadt 21, 41-55
- HAGEN, B.** (1952): Die bestimmenden Umweltbedingungen für die Weichtiere eines süddeutschen Flußuferkiefernwaldes. - Veröff. Zool. Staatssammlg. München 2, 160-276
- HALKKA, R.** (1958): Life history of *Schizophyllum sabulosum* L. - Ann. Zool. Soc. zool.-bot. fenn. „Vanamo“ 19 (4), 1-71
- HANSKI, I., GILPIN, M.E.** (1991): Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. - Biol. Journal of the Linnean Society 42, 3-16
- HEIMBUCHER, D.** (1990): Die Laufkäfer kleinster innerstädtischer Grünflächen am Beispiel Nürnberg. - Nürnberg
- HEINRICHS, G.** (1998): Wieviel Wasser hält das Dach zurück? - Deutscher Gartenbau 24, 19-21
- HENLE, K.** (1994): Naturschutzpraxis, Naturschutztheorie und theoretische Ökologie. - Z. f. Ökologie u. Naturschutz 3, 139-153
- HENNEBERG, M.** (1994): Extensive Dachbegrünung - ökologischer Ausgleich oder Wüstenlandschaft? - Deutscher Gartenbau 26, 1520-1526
- HENSEN, V.** (1877): Die Tätigkeit des Regenwurms (*Lumbricus terrestris*) für die Fruchtbarkeit des Erdbodens. - Z. wiss. Zool. 28, 354-364
- HESSISCHES MINISTERIUM** für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz (1992): Richtlinie zur Bemessung der Abgabe bei Eingriffen in Natur und Landschaft. - Hrsg. Wiesbaden
- HEYDEMANN, B.** (1956a): Über die Bedeutung der „Formalin-Fallen“ für die zoologische Landesforschung. - Faun.-ökol. Mitt. 1, 19-24
- HEYDEMANN, B.** (1956b): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. Leipzig, 537-55
- HEYDEMANN, B.** (1981): Zur Frage der Flächengröße von Biotopbeständen für den Arten- und Ökosystemschutz. - Jahrb. f. Natursch. u. Landschaftspflege 31, 1-31
- HIRSCHFELDER, A.** (1991): Vergleichende Untersuchungen zur Besiedlung spontan bewachsener und begrünter Flachdächer durch Rotatorien und ausgewählte Arthropoden-Taxa. - Diplomarb. FB Biologie/Chemie der Univ. Osnabrück

- HOESCHELE, K., SCHMIDT, H.** (1974): Klimatische Wirkung einer Dachbegrünung. - Garten und Landschaft 84 (6)
- HOKEMA, J.** (1994): Nur normengerechte Qualitätsstauden für den Standort Dach. - Deutscher Gartenbau Heft 17, 1012-1013
- HOOPER, M.D.** (1970): The size and surrounding of Nature Reserves. - In: The Scientific Management of Animal and Plant Communities for Conservation Blackwell Pub., 555-561
- HOVESTADT, T.** (1990): Möglichkeiten und Kriterien für die Bestimmung von Minimalarealen von Tierpopulationen und Ökosystembeständen. - Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 32, 175-186
- HOVESTADT, T. et al.** (1991): Flächenbedarf von Tierpopulationen. - Berichte aus der ökolog. Forschung, KFA Jülich, Forschungszentrum
- HURD, L., FAGAN, W.** (1992): Cursorial spiders and succession: age or habitat structure? - Oecologia 92, 215-221
- JETSCHKE, G., FRÖBE, H.** (1994): Ausbreitung und Überleben von kleinen Populationen in fragmentierten Habitaten. - Z. f. Ökologie u. Naturschutz 3, 179-187
- JOGER, H.G.** (1988): Untersuchungen über die Tierwelt einer Stadtmauer. - Zool. Jb. Syst. 115, 69-91
- JOGER, H.G., VOHWINKEL, K.** (1992): Stadtökologische Untersuchungen zur Fauna von drei jungen Flachdächern mit künstlicher bzw. spontaner Begrünung. - Verh. Ges. Ökol. 21, 83-90
- JOHNSON, C. G.** (1969): Migration and dispersion of Insects by Flight. - Methuen, London
- KACHE, P., ZUCCHI, H.** (1993): Besiedlung innerstädtischer Kleinstgrünflächen durch Doppelfüßer, Hundertfüßer und Kurzflügelkäfer (Diplopoda, Chilopoda et Staphylinidae). - Z. f. Ökologie u. Naturschutz 2, 223-243
- KAULE, G.** (1991): Arten- und Biotopschutz. - Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- KERNEY, M. P., CAMERON, A. D. & JUNGBLUTH, J. H.** (1983): Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. - Paul Parey, Hamburg-Berlin
- KIENLE, H.** (1977): Luxus oder Notwendigkeit?. - Broschüre zur Dachbegrünung im Selbstverlag
- KIERMEIER, P.** (1990): Überlegungen zur Pflanzenauswahl für intensive Dachbegrünungen. - Das Gartenamt, 210-220
- KIERMEIER, P.** (1991a): Pflanzengruppen für die extensive Dachbegrünung. - FBB und FLL Seminarreihe, 40-45

- KIERMEIER, P.** (1991b): Eignung von Sempervivum-Formen für die extensive Dachbegrünung. - Das Gartenamt, 325-328
- KINKEL, H.J.** (1955): Zur Biologie und Ökologie des getüpfelten Tausendfußes *Blaniulus guttulatus* Gerv. - Z. angew. Entom. 37 (4), 401-436
- KLAUSNITZER, B.** (1988): Arthropodenfauna auf einem Kiesdach im Stadtzentrum von Leipzig. - Entomol. Nachrichten und Berichte 32, 211-215
- KLAUSNITZER, B.** (1993): Verstädterung von Tieren. - Ziemsen Verlag, Die neue Brehmbücherei, 2. Aufl., Wittenberg Lutherstadt
- KLAUSNITZER, B., RICHTER, K.** (1980): Qualitative und quantitative Aspekte der Carabidenfauna der Stadt Leipzig. - Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 29, 567-573
- KLAUSNITZER, B., RICHTER, K., PFÜLLER, R.** (1980): Ökofaunistische Untersuchungen auf einem Hausdach im Stadtzentrum von Leipzig. - Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Nat. R. 29, 629-638
- KLIMM, B.** (1985): Analyse des Diplopoden-Bestandes in der Feldflur von Lauterbach. Untersuchungen im Rahmen eines Projektes zum integrierten Pflanzenschutz. - Diplomarb. Univ. Tübingen
- KÖHLER, M.** (1988): Besiedlung von Kletterpflanzen durch Insekten und Spinnen in Berlin (West). - Z. f. angew. Zool. 75, 195-202
- KÖHLER, M.** (1989): Ökologische Untersuchungen an extensiven Dachbegrünungen. Verh. Ges. Ökol. 18, 249-255
- KÖHLER, M.** (1993): Fassaden- und Dachbegrünung, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- KÖHLER, M., BAIER, B.** (1989): Ökologische Untersuchungen an neueren Berliner Grasdächern. - Das Gartenamt 38, 302-306
- KOLB, W., SCHWARZ, T., TRUNK, R.** (1987): Pflanzen für die extensive Dachbegrünung. Teil III: Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten. - Deutscher Gartenbau Heft 41, 261-264
- KOLB, W. et al** (1993): Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächer. (1) Kühlleistung, (2) Wärmedämmverhalten. - Veitshöchheimer Berichte Heft 4, 28-36
- KOLB, W.** (1993): Abflußverhältnisse extensiv begrünter Flachdächer (1) und (2). - Veitshöchheimer Berichte Heft 4, 37-46
- KOLB, W.** (1995): *Allium* ergänzen *Sedum* hervorragend. - Deutscher Gartenbau Heft 37, 2174-2177
- KOLB, W.** (1997): Dachbegrünung rechnet sich. - Deutscher Gartenbau 18, 1029-1031

- KOLB, W., SCHWARZ, T.** (1986): Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern. - Zeitschrift für Vegetationskunde 3
- KRATZER, P.A.** (1956): Das Stadtklima. - Vieweg, Braunschweig
- KREH, W.** (1945): Die Pflanzenwelt unserer Kiesdächer. - Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 199-207
- KRESS, O.** (1994): Blühende Feldraine fördern Nutzinsekten. - Deutscher Gartenbau 6, 362-364
- KRÜGER, H.** (1983): Dachbegrünung - ein Beitrag zur Verbesserung unserer Umweltbedingungen. - Veröff. Naturschutz Landespflege Bad.-Württ. 55/56, 239-296
- KRUPKA, B.** (1987): Dachbegrünungen: Aus der Praxis, für die Praxis. - R. Müller Verlag, Köln
- KRUPKA, B.** (1991): Extensive Dachbegrünungen: Sinn und Unsinn einschichtiger Bauweisen aus Leichtbaustoffen. - Deutscher Gartenbau 44, 2773-2781
- KRUPKA, B.** (1992): Dachbegrünungen: Pflanzen- und Vegetationsverwendung an Bauwerken. - Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- KRUPKA, B.** (1993): Dachbegrünung ökologisch wertlos? - Deutscher Gartenbau 20, 1292-1297
- KRUPKA, B.** (1994): Ein Bewertungssystem für Dachbegrünungen nach Punkten. - Das Gartenamt 7, 448-450
- KÜHNELT, W.** (1950): Bodenbiologie. - Verlag Herold, Wien
- KÜHNELT, W.** (1970): Grundriß der Ökologie. - Gustav Fischer Verlag, Jena
- KÜHNELT, W.** (1977): Die Grünflächen der Städte und ihre Tierwelt. - In: Stadtökologie, 3. Fachtagung d. Instituts f. Umweltwiss. u. Naturschutz, 69-77, Graz
- KULZER, E.** (1982): Ökologie und ihre biologischen Grundlagen: Heft 2a Autökologie der Tiere. - Universität Tübingen, Hrsg.
- KUTTLER, W.** (1987): Das Stadtklima und seine raum-zeitliche Struktur. - Hohenheimer Arbeiten, Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim Januar 1987: 9-30
- KYTZLER, S., SULZBERG, K.** (1992): Untersuchungen zu den Artenzusammensetzungen der Zönosen der Araneae, Carabidae und Heteroptera auf extensiv begrüntem Dachflächen in Berlin-Kreuzberg. - Diplomarb. TU Berlin
- LAMPRECHT, J.** (1992): Biologische Forschung: Von der Planung bis zur Publikation. - Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg
- LEE, K.E.** (1985): Earthworms. - Academic Press, North-Ryde

- LEHMANN, M.** (1985): Untersuchungen zur langfristigen Boden- und Vegetationsentwicklung auf Dachstandorten. - Zeitschrift für Vegetationstechnik Heft 8
- LIESECKE, H.J.** (1973): Dach- und Terrassengärten. - Das Gartenamt 22, 321-332
- LIESECKE, H.J.** (1985): Ausstreuen von Sedumsprossen mit Zusaaten zur extensiven Begrünung von Flachdächern. - Zeitschrift für Vegetationskunde 8, 159-165
- LIESECKE, H.J.** (1988): Untersuchung zur Wasserrückhaltung bei extensiv begrünten Flachdächern. - Zeitschrift für Vegetationstechnik 11, Heft 2, 56-66
- LIESECKE, H.J.** (1995): Wasserrückhaltung und Abflußbeiwerte bei extensiven Dachbegrünungen. - Stadt und Grün Heft 10, 683-687
- LIESECKE, H.J.** (1997): Der Baum in der Dachbegrünung. - Bundes Baublatt Heft 5, 329-333
- LIESECKE, H.J.** (1998a): Methoden und Ergebnisse der optima-Versuchsanlage *ENSÖ*. - Unveröffent. Abschlußbericht des Projektes „*ENSÖ*“
- LIESECKE, H.J.** (1998b): Langzeitentwicklung einer extensiven Dachbegrünung. - Stadt und Grün 6, 428-436
- LIESECKE, H.J. et al** (1989): Grundlagen der Dachbegrünung. - FLL Hrsg., Bonn
- LIESECKE, H.J., BORGWARDT, H.** (1997): Abbau von Luftschadstoffen durch extensive Dachbegrünungen. - Stadt und Grün, Heft 4, 245-251
- LOQUET, M. et al** (1977): Essai d'estimation de l'influence écologique des lombriciens sur les microorganismes. - Pedobiologia. 17, 400-417
- LORENZ, R. J.** (1988): Grundbegriffe der Biometrie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- LÜKENGA, W.** (1986): Untersuchungen zum Stadtklima von Osnabrück. Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung. - Stadtplanung im Gespräch 48, 24-41
- MAC ARTHUR, R.H., WILSON, E.O.** (1967): Biogeographie der Inseln. - Goldmann Verlag, München
- MADER, H.J.** (1981): Untersuchungen zum Einfluß der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstein oder Refugium. - Natur und Landschaft 56, 235-241
- MADER, H.J.** (1983): Warum haben kleine Inselbiotope hohe Artenzahlen? - Natur und Landschaft 10, 367-370
- MADER, H.J., MÜHLENBERG, M.** (1981): Artenzusammensetzung und Ressourcenangebot einer kleinflächigen Habitatinsel, untersucht am Beispiel der Carabidenfauna. - Pedobiologia 21, 46-59

- MAHLER, G.** (1996): Ökopunkte - ein neuer Weg zur Umsetzung der Eingriffsregelung? - Landschaftsarchitektur 2, 9-10
- MANN, G.** (1994): Ökologisch-faunistische Aspekte begrünter Dächer in Abhängigkeit vom Schichtaufbau. - Diplomarb. Univ. Tübingen
- MANN, G.** (1995): Eroberung eines neuen Lebensraumes. - Stadt und Grün 10, 688-690
- MANN, G.** (1996a): Faunistische Untersuchung von drei Dachbegrünungen in Linz. - ÖKO-L 18/3, 3-11
- MANN, G.** (1996b): Die Rolle begrünter Dächer in der Stadtökologie. - Biologie in unserer Zeit 5, 292-299
- MANN, G.** (1997): Aus einem Kiesdach wurde ein Naturdach. - Stadt und Grün 4, 235-238
- MANN, G.** (1998): Dachbegrünung der Altenwohnanlage Nürtingen. - Der Dachdeckermeister 1, 26-28
- MANN, G., HENNEBERG, M.** (1998a): Welche Fakten sprechen für begrünte Dächer. - Deutscher Gartenbau 34, 9-11
- MANN, G., HENNEBERG, M.** (1998b): Dachsubstrate mit Konzept. - Deutscher Gartenbau Heft 2, 22-25
- MANSCHKE, E.** (1997): Erfahrungen mit extensiven Dachbegrünungen bei der Staatlichen Hochbauverwaltung. - bau intern 6, 108-110
- MATZKE, M.** (1973): Landgastropoden innerhalb einer Großstadt am Beispiel von Halle an der Saale. - Malak. Abh. Mus. Tierkd. Dresden 4, 21-38
- MAY, R.M.** (1980): Theoretische Ökologie. - Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach, Basel
- MECKE, R.** (1996): Die Fauna begrünter Dächer - Ökologische Untersuchung verschiedener Dachflächen im Hamburger Stadtgebiet. - Diplomarb. Univ. Hamburg
- MEINHARDT, U.** (1974): Vergleichende Beobachtungen zur Laboratoriumsbiologie einheimischer Regenwurmarten II und III. - Z. angew. Zool. 61, 137-182, 265-299
- MENDEL, H.G.** (1985): Die Bedeutung von Gründächern insbesondere aus wasserwirtschaftlicher Sicht. - Das Gartenamt 34
- MINKE, G.** (1984): Die Grünen lassen bitten. - Baumarkt Heft 4, 124-127
- MÜHLENBERG, M.** (1989): Freilandökologie, 2. Auflage. - Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden
- MÜHLENBERG, M., WERRES, W.** (1983): Lebensraumverkleinerung und ihre Folgen für einzelne Tiergemeinschaften. - Natur und Landschaft 2, 43-50

**MÜLLER, D.** (1988): Untersuchungen von Extensivbegrünungen (Grasdächer) unter besonderer Berücksichtigung von Vegetation und Fauna. - Diplomarb. Univ. Essen

**MÜLLER, J.** (1984): Die Bedeutung der Fallenfangmethode für die Lösung ökologischer Fragestellungen. - Zool. Jb. Syst. 111, 281-306

**NEUMANN, K.** (1990): Zur Bedeutung der Umweltverträglichkeit bei der Planung von Dachbegrünungen. - Das Gartenamt 39, 158-166

**NEUMANN, K.** (1995): Dachbegrünungen als Kompensationsmaßnahmen gemäß § 8 BNatSchG. - Stadt und Grün 7, 477-485

**NEUMANN, K., KLEIN, W.** (1996): Zur Bewertungsproblematik von Dachbegrünungen im Bebauungsplan. - Stadt und Grün 5, 331-342

**NUNNENMACHER, L.** (1994): Nützlingsstreifen im Feld. - Deutscher Gartenbau 6, 318-319

**OHLWEIN, K.** (1984): Dachbegrünung: Ökologisch und funktionsgerecht; biol. und techn. Grundlagen. - Bauverlag, Wiesbaden, Berlin

**OPTIMA** (1993): Planungsunterlage 1993. - Hrsg. optima-Zentrale Süd, Krauchenwies

**OPTIMA** (1997a): Planungsunterlage 1997/98. - Hrsg. optima-Zentrale Süd, Krauchenwies

**OPTIMA** (1997b): Weniger Versiegelung, weniger Überschwemmungen. - Hrsg. optima-Zentrale Süd, Krauchenwies

**OPTIMA** (1997c): Seminarreihe „optima-Profitraining“ und „Erfahrungsaustausch Technik/Pflanze“

**POPP, L., FISCHER, P.** (1997): Bioabfallkompost in Dachsubstraten. - Deutscher Gartenbau 33, 1788-1791

**REES, W.J.** (1965): The aerial dispersal of mollusca. - Proc. malac. Soc. Lond. 36, 269-282

**REICHE, D.** (1991): Dachbegrünung. Einfach und dauerhaft. - Verlag für Bauwesen, Berlin

**RENNER, F.** (1992): Spinnen aus dem Stadtgebiet von Stuttgart. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 147, 229-245

**RICHTER, C.** (1970): Aerial dispersal in relation to habitat in eight wolf spider species (Pardosa, Araneae, Lycosidae). - Oecologia 5, 200-214

**RIEDMILLER, J.** (1991): Pflegeloses Pflanzendach - Ökologische Untersuchungen auf einem neu bepflanzten Flachdach. - Diplomarb. Univ. Heidelberg

**RIEDMILLER, J.** (1994): Untersuchungen zur Anlage, Besiedelung und Vernetzung von anthropogenen Sekundärbiotopen auf Dachflächen. - Diss. Univ. Heidelberg

- ROTH-KLEYER, S.** (1995a): Begrünung von Dächern. - Neue Landschaft 12, 877-879
- ROTH-KLEYER, S.** (1995b): Biologische Aktivität einiger Dachsubstrate. - Deutscher Gartenbau Heft 42, 2444-2447
- SAKAGAMI, S. F. et al.** (1980): *Apis laboriosa* in Himalaya, the little known world largest honeybee (Hymenoptera, Apidae). - Insecta Matsumurana (N.S.) 19, 47-77
- SCHMIDT, H.** (1952): Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei Diplopoden. - Mitt. Naturw. Ver. Steiermark 81/82, 42-66
- SCHREIBER, R.L.** (1993): Tiere auf Wohnungssuche: Ratgeber für mehr Natur am Haus. - Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- SCHUBART, O.** (1934): Diplopoda. In: DAHL, F.: Die Tierwelt Deutschlands. - Bd. 28/I, G. Fischer Verlag, Jena
- SCHULTE, W., FRÜND, H.C., GRAEFE, U., RUSZKOWSKI, B., SÖNTGEN, M., VOGGENREITER, V.** (1989): Untersuchungen zur bodenökologischen Bedeutung von Freiflächen im Stadtbereich. - Forschungsbericht BMFT Bonn
- SCHULTE, W., FRÜND, H.C., GRAEFE, U., RUSZKOWSKI, B., SÖNTGEN, M., VOGGENREITER, V.** (1990): Zur Biologie städtischer Böden. Beispielraum Bonn-Bad Godesberg. - Natur und Landschaft 65, 491-496
- SCHULTE, W., MARKS, R.** (1985): Die bioökologische Bewertung innerstädtischer Grünflächen als Begründung für ein naturnah gestaltetes Grünflächen-Schutzgebietssystem. - Natur und Landschaft 7/8, 302-305
- SEIBERT, P.** (1980): Ökologische Bewertung von homogenen Landschaftsteilen, Ökosystemen und Pflanzengesellschaften. - Berichte der Akademie für Naturschutz Laufen 4, 10-23
- SEIFERT, G.** (1961): Die Tausendfüßer. - Neue Brehm Bücherei 273, Jena
- SHAFFER, M.L.** (1981): Minimum population sizes for species conservation. - Bio. Science 31, 131-134
- SHAFFER, M.L.** (1985): The metapopulation and species conservation, the special case of the northern spotted owl. In: Ecology and Management of the Spotted Owl in the Pacific Northwest, 86-99
- SHELLEY, R.M.** (1990): Discovery of the millipede *Craspedosoma rawlinsii* Leach in the New World (Chordeumatida: Craspedosomatidae). - Entomol. Month. Mag. 126, 117
- SKUHARVY, V.** (1957): Die Fallenfangmethode. - Cas. Ceskoslov. Spolecn. Entom. 54, 27-40
- SKUHARVY, V.** (1970): Zur Anlockungsfähigkeit von Formalin für Carabiden in Bodenfallen. - Beitr. Ent. Bd. 20, H. 3/4, 371-374

- SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R.** (1973): Numerical taxonomy. - Freeman, San Francisco
- SÖNTGEN, M.** (1989): Untersuchungen zur Biologie städtischer Böden. 3. Schnecken. - Verh. Ges. Ökol. 18, 187-192
- SOULÉ, M.** (1987): Viable Populations for Conservation. - Cambridge University Press 69-86
- SPELDA, J.** (1991): Zur Faunistik und Systematik der Tausendfüßer (Myriapoda) Südwestdeutschlands. - Jh. Ges. Naturkunde Württemberg, 146: 211-232, Stuttgart
- SPELDA, J.** (1996): Die Hundert- und Tausendfüßerfauna von Wacholderheiden im Landkreis Calw und ihre Reaktionen auf unterschiedliche Pflegemaßnahmen. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 88: 289-320, Karlsruhe
- SPELDA, J., RAHMANN, H.** (1995): Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Hundert- und Tausendfüßerfauna (Chilopoda, Diplopoda) im Wurzacher Becken, Landkreis Ravensburg/Baden-Württemberg. - Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9, Giessen
- SPRENGEL, T.** (1986): Die Doppelfüßer (Diplopoda) eines Kalkbuchenwaldes und ihre Funktion beim Abbau der Laubstreu. - Dissertation Göttingen. 1-113
- STIFTER, R.** (1993): Kosten-Nutzen-Analyse von begrünten Dächern. - Wien
- STRESEMANN, E.** (1992): Exkursionsfauna Band 1 Wirbellose, 8. Auflage. - Volk und Wissen Verlag GmbH Berlin
- STRIGANOVA, B.R.** (1975): Dispersion patterns of diplopods and their activity in the litter decomposition in the Carpathian foothills. In: VANÉK, J.: Progress in soil zoology. - Proceedings of the 5th International Colloquium on soil zoology, Prague 1973, 167-173
- SUKOPP, H., WITTIG, R.** (1993): Stadtökologie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- TAUCHNITZ, H.** (1996): Pflanzenverwendung - Einheimisch-nicht einheimisch. - Stadt und Grün 6, 384-385
- THIELE, H.U.** (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts. - Z. angew. Entom. 44 (1), 1-21
- THIELE, H.U.** (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. - Z. Morph. Ökol. Tiere, Bd. 53, 387-452
- THIELE, H.U.** (1977): Carabid Beetles in their Environments. - Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- TISCHLER, W.** (1952): Biozönotische Untersuchungen an Ruderalstellen. - Zool. Jb. Syst. 81, 122-174
- TISCHLER, W.** (1958): Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze. - Z. Morph. Ökol. Tiere 47, 54-114

**TISCHLER, W.** (1980a): Asseln (Isopoda) und Tausendfüßer (Myriapoda) eines Stadtparks im Vergleich mit der Umgebung der Stadt: zum Problem der Urbanökologie. - *Drosera* 80, 41-42

**TISCHLER, W.** (1980b): *Biologie der Kulturlandschaft*. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York

**TOPP, W.** (1981): *Biologie der Bodenorganismen*. - Quelle & Meyer, Heidelberg

**TOPP, W.** (1988): Besiedlung einer neu entstandenen Insel durch Laufkäfer (Carabidae). - *Zool. Jb. Syst.* 115, 329-361

**TOPP, W.** (1989): Laufkäfer als Bioindikatoren in der Kulturlandschaft. - *Verh. XI. SIEEC* Gotha 1986, 78-82

**TRETZEL, E.** (1955): Technik und Bedeutung des Fallenfanges für ökologische Untersuchungen. - *Zool. Anz.* 155, 276-287

**TURIN, H., ALDERS, K., BOER, P.J. den, ESSEN, S.V., HEIJERMAN, T., LAANE, W., PENTERMAN, E.** (1991): Ecological characterization of carabid species (Coleoptera, Carabidae) in the Netherlands from thirty years of pitfall sampling. - *Tijdschrift voor Entomologie* 134, 279-304

**UETZ, G.W., UNZICKER, J.D.** (1976): Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. - *J. Arachnology* 3, 101-111

**VASELLA, A., GAST, D.** (1992): *Grüne Dächer für Berlin*. - Kulturbuch-Verlag, Berlin

**VERHOEFF, K.W.** (1913): Erscheinungszeiten und Erscheinungsweisen der reifen Tausendfüßer Mitteleuropas. - *Ver. zoo.-bot. Ges. Wien* 63, 344-381

**VISSE, G., VAN WINGERDEN, W.K.R.E.** (1982): Aerial dispersal of spiders in a city. - In: BORNKAMM, R. et al.: *Urban Ecology. Symp. Berlin 1980*.

**WARNECKE, V.** (1996): *Die Kleinarthropodenfauna von Dachbegrünungsmatten: Collembola (Insecta)*. - Diplomarb. Universität Bremen

**WEGENSTEINER, R.** (1982): Zusammenhänge zwischen der ökologischen Potenz von *Polyzonium germanicum* Brandt (Diplopoda) und Standortparametern im vorderen Rotmoos (Lunz, NÖ). - *Zool. Jb. (Syt.)* 109, 309-327

**WESTERBERG, D.** (1977): Utvärdering av fallfällemetoden vid inventering av fält-och markskiktets lägre fauna. - *Statens Naturvårdsverk PM 844, VINA Rapp. 5*, 1-72

**WESTERLINGH, W.v.d.** (1972): Deterioration of soil structure in worm free orchard soils. - *Pedobiologia* 12, 6-15

**WESTRICH, P.** (1990): *Die Wildbienen Baden-Württembergs. Band I*. - Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

**WEYMAN, G., SUNDERLAND, K., FENLON, J.** (1994): The effect of food deprivation on aeronautic dispersal behaviour (ballooning) in *Erigone* spp spiders. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 73, 121-126

**WIENHAUS, H., ROTH-KLEYER, S.** (1994): Einheimische Pflanzenarten für die extensive Dachbegrünung. - *Neue Landschaft Heft 1*, 40-46

**WISSEL, C., STEPHAN, T.** (1994): Bewertung des Aussterberisikos und das Minimum-Viable-Population-Konzept. - *Z. f. Ökologie u. Naturschutz* 3, 155-159

**ZIMMERMANN, P.** (1987): Dachbegrünung - Eine ökologische Untersuchung auf Kiesdach, extensiv und intensiv begrüntem Dächern. - *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Würt.* 62, Karlsruhe, 517-549

**ZÖFEL, P.** (1992): *Statistik in der Praxis.* - Stuttgart, Jena

**ZVG/GALK/FLL** (1997): Dachbegrünung direkt und indirekt gefördert. - *Stadt und Grün* 4, 224-225

**ZWÖLFER, H.** (1982): Die Bewertung von Hecken aus tierökologischer Sicht. - *Laufener Seminararbeit 5, Akad. f. Natursch. u. Landschaftspflege*, 130-134

## 10. Anhang mit Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Primäre Vegetationsform und mögliche spätere Vegetationsformen .....	8
Abb. 2:	Schematischer Schnitt durch den Aufbau einer Extensiv-Intensiv-Begrünung .....	10
Abb. 3:	Die Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> mit unterschiedlichen Gründachaufbauten .....	14
Abb. 4:	Die acht Untersuchungsflächen der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> auf einen Blick .....	15
Abb. 5:	Beispiel einer Moos-Sedum-Begrünung .....	26
Abb. 6:	Beispiel einer Sedum-Gras-Kraut-Begrünung .....	26
Abb. 7:	Beispiel einer Gras-Kraut-Begrünung .....	27
Abb. 8:	Beispiel einer Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden-Begrünung .....	27
Abb. 9:	Beispiel einer Wildstauden-Gehölze-Begrünung .....	28
Abb. 10:	Beispiel einer Hohe Stauden und Sträucher-Begrünung .....	28
Abb. 11:	Schematische Darstellung aller Vegetationsformen .....	29
Abb. 12:	Durchschnittliche Artenzahlen der Bodentiere der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> bei Extensiv- und Intensivbegrünungen .....	52
Abb. 13:	Dendrogramm aus den Dominanzen der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> aufgrund aller erfaßten Tiergruppen .....	53
Abb. 14:	Dendrogramm aus den Dominanzen der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> aufgrund der dominanten und eudominanten Tiergruppen .....	54
Abb. 15:	Phänologie der Lumbricidae bei ausgewählten Gründächern .....	67
Abb. 16:	Phänologie der Gastropoda (Gehäuseschnecken) bei ausgewählten Gründächern .....	68
Abb. 17:	Phänologie der Gastropoda (Nacktschnecken) bei ausgewählten Gründächern .....	68
Abb. 18:	Phänologie der Isopoda bei ausgewählten Gründächern .....	69
Abb. 19:	Phänologie der Diplopoda bei ausgewählten Gründächern .....	69

Abb. 20:	Dendrogramm aus den Dominanzen der Praxisobjekte aufgrund aller erfaßten Tiergruppen .....	97
Abb. 21:	Dominanzen der erfaßten Tiergruppen unterschiedlicher Begrünungsformen .....	99
Abb. 22:	Dominanzen der erfaßten Tiergruppen unterschiedlicher Begrünungsformen aus MECKE (1996) .....	100
Abb. 23:	Prozentualer Anteil der Dachbegrünungen, auf denen eine bestimmte Bodentiergruppe zu finden war.....	104
Abb. 24:	Korrelation zwischen Vegetationsform und dem Vorhandensein von Bodentieren .....	106
Abb. 25:	Durchschnittliche Artenzahlen der Bodentiere in Abhängigkeit der Vegetationsformen .....	107
Abb. 26:	Faktoren, die die Lebensgemeinschaft einer Dachbegrünung beeinflussen .....	119

### **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1:	Auflistung der Städte, in denen im Rahmen der vorliegenden Arbeit Dachbegrünungen untersucht wurden.....	13
Tab. 2:	Die untersuchten Teilflächen der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> im Überblick .....	15
Tab. 3:	Einteilung der untersuchten Dachbegrünungen in Alters- und Größenklassen .....	16
Tab. 4:	Übersicht der untersuchten Praxisobjekte, eingeteilt in Vegetationsformen .....	17
Tab. 5:	Zusammenhang zwischen durchwurzelbarem Raum, Vegetationsform und Begrünungsart .....	23
Tab. 6:	Anzahl, durchschnittliches Alter und Größe der untersuchten Vegetationsformen .....	25
Tab. 7:	Die Fangzeiträume der Bodenfallen auf den Praxisobjekten .....	31
Tab. 8:	Fangperioden der Bodenfallen auf der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> .....	32
Tab. 9:	Übersicht der Meßwerte der Min.-Max.-Thermometer auf der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> an einem Sommer- und Winter-Tag .....	34

Tab. 10:	Höchst- und Tiefsttemperaturen auf der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> unter dem Schichtaufbau. Datenerfassung per Elektronikmeßfühler.....	35
Tab. 11:	Übersicht der veröffentlichten faunistischen Untersuchungen auf begrünten Dächern .....	41
Tab. 12:	Aktivitätsdichte der erfaßten Tiere der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> .....	44
Tab. 13:	Aktivitätsdominanzen der erfaßten Tiere der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> ....	46
Tab. 14:	Ergebnisse der Punkt-Bestandsaufnahmen auf den Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> .....	48
Tab. 15:	Übersicht der erfaßten Bodentierarten der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> .....	48
Tab. 16:	Übersicht der erfaßten Gastropodenarten der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> .....	49
Tab. 17:	Übersicht der erfaßten Lumbriciden- und Isopodenarten der Versuchsflächen <i>ENSÖ</i> .....	50
Tab. 18:	Übersicht der erfaßten Bodentierarten der Umgebung der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> und der Gärtnerei „Egenolf“.....	51
Tab. 19:	Dominanzstrukturen der erfaßten Tiergruppen der Praxisobjekte .....	64
Tab. 20:	Auswertung unterschiedlicher Bodenfallen-Standorte .....	70
Tab. 21:	Übersicht der ermittelten Anzahl der Bodentierarten der Praxisobjekte ....	72
Tab. 22:	Übersicht und Verteilung der erfaßten Lumbriciden-Arten .....	78
Tab. 23:	Übersicht und Verteilung der erfaßten Gastropoden-Arten .....	80
Tab. 24:	Übersicht und Verteilung der erfaßten Isopoden-Arten .....	84
Tab. 25:	Übersicht und Verteilung der erfaßten Diplopoden-Arten .....	86
Tab. 26:	Nachbardächer gleicher Vegetationsformen im Artenvergleich der Bodentiere .....	111
Tab. 27:	Nachbardächer unterschiedlicher Vegetationsformen im Artenvergleich der Bodentiere .....	112
Tab. 28:	Vergleich der Tendenzen der Versuchsanlage <i>ENSÖ</i> mit den Schlußfolgerungen der untersuchten Praxisobjekte .....	115
Tab. 29:	Übersicht der Vorschläge zur differenzierten Bewertung von Dachbegrünungen .....	126
Tab. 30:	Qualitätskontrolle bei Dachbegrünungen .....	129

Tab. 1, Anhang: Temperatur- und Niederschlagswerte der Städte in denen bzw. in deren Nähe Dachbegrünungen untersucht wurden

<b>Böblingen</b> 1993	<b>Lufttemperatur</b>			<b>Niederschlag</b>
	<b>Mittel [°C]</b>	<b>Höchst [°C]</b>	<b>Tiefst [°C]</b>	<b>Höhe [mm]</b>
Januar	3,3	14,5	-15,2	43
Februar	-1,2	7,1	-13,2	20
März	3,4	18,5	-7,5	15
April	10,4	27	-2,2	42
Mai	14	29,2	3	75
Juni	16	29,7	4,9	82
Juli	16,4	32,5	6	78
August	16,2	31	3	105
September	12,3	27	1,5	73
Oktober	7,4	22,4	-1,6	105
November	0,2	15,5	-11,9	42
Dezember	3,6	15	-11,2	156

<b>Böblingen</b> 1996				
Januar	-1,7	9,8	-9,5	9
Februar	-1,5	14,1	-13,6	42
März	1,6	18,5	-10,2	25
April	8,3	25,6	-4,5	25
Mai	11,3	29,5	1	119
Juni	15,7	32	4,5	91
Juli	16,2	29,4	5,5	154
August	16,4	29,5	8	68
September	10,9	21,3	4,9	70
Oktober	8,8	21,6	-0,8	64
November	3,7	14,9	-3,6	202
Dezember	-2,1	11,5	-19,3	45

<b>Böblingen</b> 1997				
Januar	-2,7	11,5	-16,3	12
Februar	4	15,5	-8,2	89
März	6,2	20,8	-3,5	44
April	6,6	19,5	-5	33
Mai	12,7	28,5	0,9	33
Juni	15	29,5	5	158
Juli	16,4	27,8	8,8	100
August	18,8	31,5	9,3	47
September	13,5	29,5	1,3	35
Oktober	7,6	25	-5,2	42
November	3,9	13,7	-5	23
Dezember	2,3	13,2	-8	75

<b>Rottenburg 1996</b>	<b>Lufttemperatur</b>			<b>Niederschlag</b>
	<b>Mittel [°C]</b>	<b>Höchst [°C]</b>	<b>Tiefst [°C]</b>	<b>Höhe [mm]</b>
Januar	-1,3	9,3	-11,5	4
Februar	-1,1	14,5	-13,5	31
März	2,2	18,5	-10,5	31
April	8,7	26,5	-5	21
Mai	12,4	31,3	1,6	108
Juni	16,8	31,8	5	66
Juli	17,3	30,5	5,2	106
August	17,2	31	7	72
September	10,7	25,7	-0,8	34
Oktober	9,3	23,2	-2	52
November	2,3	18,8	-6,4	133
Dezember	-1,9	11	-19,7	37

<b>Rottenburg 1997</b>				
Januar	-3,1	9,5	-12,2	9
Februar	4,4	17	-8	66
März	7	21,3	-3,7	37
April	7	20,6	-6	25
Mai	13,3	29,2	-1,5	28
Juni	16	29,5	4,5	146
Juli	17	29	8	85
August	19,5	32,9	8,8	54
September	14,2	30	1,5	28
Oktober	8,2	26,6	-7,8	33
November	3,9	14,7	-7	20
Dezember	2,7	15,2	-8	71

<b>Ebersbach/Fi. 1996</b>				
Januar	-0,4	12,3	-7,2	4
Februar	-0,3	15,6	-12,9	42
März	3,1	17,9	-8,7	28
April	9,9	27,1	-3	14
Mai	13	31	2,6	132
Juni	17,7	33	6	73
Juli	17,7	31,8	8	141
August	17,8	30,9	7,5	73
September	11,6	25,7	2,3	58
Oktober	10	22,7	1,2	77
November	2,4	15,5	-12,2	103
Dezember	-1	15,2	-16,5	39

Stuttgart 1996	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	0,3	10,4	-6,8	5
Februar	1,1	14,6	-9,1	36
März	4,4	17	-6,7	26
April	11,2	27	-1,9	14
Mai	13,6	30,2	3,9	147
Juni	18,7	32,6	8	53
Juli	19,2	31,5	10,5	91
August	19,4	31	11,4	75
September	12,8	25,6	4,8	24
Oktober	11,4	22,4	1,1	60
November	6,7	20,3	-1,7	53
Dezember	0	13	-14,7	40

Stuttgart 1997				
Januar	-0,6	11,2	-12,8	4
Februar	6,6	17	-4,9	63
März	9	21,8	0,3	36
April	9,6	20,5	-1	19
Mai	15,8	30,2	3,2	21
Juni	18,1	29,8	7,3	118
Juli	19,4	29,1	11,5	89
August	18,8	31,5	9,3	47
September	16,9	30,2	5,6	16
Oktober	10,1	26,4	-2,8	45
November	6,4	15,6	-1,5	25
Dezember	4,5	16,2	-3,6	63

Sigmaringen 1996				
Januar	-2,5	10,1	-8,5	6
Februar	-2,8	11,6	-17	35
März	0,9	19,8	-14,5	52
April	7,3	25	-5,4	37
Mai	11,3	28,9	0,4	85
Juni	15,8	30,2	4,2	69
Juli	15,7	28,7	3,5	93
August	15,5	29,4	4,4	166
September	9,4	22,4	-0,6	28
Oktober	10,5	22	-0,7	62
November	2,7	15,4	-6,5	76
Dezember	-3,4	7,4	-20,3	62

Sigmaringen 1997	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	-3,8	7,7	-15,8	3
Februar	2	13,1	-10,2	75
März	5,3	17,8	-4,8	33
April	5,6	19,8	-7,9	33
Mai	12	27,6	-3,2	33
Juni	14,6	27,1	4	124
Juli	15,9	27	6,3	160
August	18,1	30,3	7	24
September	13,2	27,7	0,7	27
Oktober	7,2	24,6	-7,1	55
November	3	15,8	-6,2	14
Dezember	1,1	11,2	-6,4	106

Weingarten 1996				
Januar	-1,2	5,2	-7,4	6
Februar	-1,4	13,3	-11,6	33
März	2,1	19,1	-10	34
April	8,8	26	-4,2	42
Mai	12,8	29,7	2,6	106
Juni	17,3	31,3	7,9	74
Juli	17,1	29	7,3	113
August	16,9	28,2	6,9	128
September	10,6	21,8	1,7	28
Oktober	8,7	21,9	-1,7	83
November	4,3	19,6	-5	85
Dezember	-1,8	9,8	-15,8	67

Erfurt 1997				
Januar	-3,9	7,2	-19,8	13
Februar	3,8	12,8	-7	45
März	5,5	17,3	-3,1	56
April	5,9	16,4	-4,8	35
Mai	12,6	27,5	1	43
Juni	15,5	29,8	3,3	30
Juli	16,8	26,3	9,6	141
August	19,7	29,8	8,3	38
September	13,8	27,8	0,8	11
Oktober	7,3	22,3	-7,6	53
November	3,7	14,7	-6,5	25
Dezember	1,2	11,6	-12,2	40

Freiburg 1997	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	-1,4	10,7	-14,3	27
Februar	7,2	17,2	-3,3	59
März	10	22,3	0,5	26
April	10,4	22,6	0,2	54
Mai	15,9	28,4	4,5	64
Juni	18,1	30,3	9,8	168
Juli	19,3	29,9	11,3	84
August	22,4	33,6	12,7	29
September	17,2	30,5	6,4	62
Oktober	10,7	26,9	-2,7	68
November	6,4	14,9	-1,9	58
Dezember	4,7	17,2	-4,7	130

Donaueschingen 1997				
Januar	-3,7	5,2	-17	10
Februar	2,8	13,5	-7	85
März	5,5	18	-4,5	20
April	6	18,5	-5,8	34
Mai	12,3	26,4	0,1	65
Juni	15	27	3,4	157
Juli	16	25,5	4	139
August	18,3	28,2	7	93
September	13,7	27,5	0,1	50
Oktober	7,4	22,1	-8	53
November	3,5	14,3	-5	15
Dezember	1,4	10,5	-11	89

Saarbrücken 1997				
Januar	-1,3	10,4	-14,2	27
Februar	5,5	15	-4,5	133
März	8,5	19,1	-0,8	26
April	9,1	20,9	-1,5	23
Mai	14,8	28,1	3	89
Juni	17	29	8	135
Juli	18,7	28,5	11,1	50
August	21,3	32,2	12,8	37
September	15,4	29,5	3	14
Oktober	9,5	24	-2	46
November	5	13,3	-3	89
Dezember	4	13,7	-4	108

Heilbronn 1997	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	-1,8	7,5	-14,4	20
Februar	5,7	15,7	-4,5	111
März	8,4	20	-1	46
April	8,9	21,1	-2	25
Mai	14,7	30	2,5	52
Juni	17,6	31,5	6,3	126
Juli	18,6	29,6	10,5	77
August	20,7	33,5	11	41
September	15,3	30,9	3,5	36
Oktober	9	25,5	-4,5	53
November	5,8	15	-3,6	39
Dezember	3,9	14,7	-4,5	73

Karlsruhe 1997	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	-2,1	8	-15,3	20
Februar	6,1	16,7	-6,3	134
März	8,8	20,3	-1	40
April	9,5	23,2	-2,5	26
Mai	15,3	28,9	3,5	58
Juni	17,7	30,9	7,4	142
Juli	19,2	30,7	10,9	103
August	22,2	35,1	13,4	52
September	14,3	31,1	4,7	12
Oktober	9,7	27,7	-2,7	64
November	5,8	15,5	-3,8	66
Dezember	3,9	15,7	-4,1	74

Pforzheim 1997	Lufttemperatur			Niederschlag
	Mittel [°C]	Höchst [°C]	Tiefst [°C]	Höhe [mm]
Januar	-2,1	9,2	-14,7	13
Februar	5,4	17,3	-4,6	67
März	7,7	21,4	-1,6	58
April	7,7	20,1	-2,6	45
Mai	13,4	27,2	0,7	45
Juni	16,3	28,7	4,5	136
Juli	17,5	28,3	9,7	94
August	19,9	32,3	9,9	53
September	14,1	28,3	3,2	34
Oktober	8,7	25,7	-4,2	63
November	5,2	15,1	-3,8	26
Dezember	3,5	16	-5	89

<b>Offenburg 1997</b>	<b>Lufttemperatur</b>			<b>Niederschlag</b>
	<b>Mittel [°C]</b>	<b>Höchst [°C]</b>	<b>Tiefst [°C]</b>	<b>Höhe [mm]</b>
Januar	-2	10,5	-14,5	32
Februar	6,6	16	-5,5	57
März	8,9	20,5	0,3	36
April	9,7	22,4	-1,1	58
Mai	15,3	28	4,6	67
Juni	17,6	30,5	9	147
Juli	19,1	29	11	98
August	21,7	32,8	12,5	36
September	16,4	29,3	4,8	31
Oktober	9,9	26,5	-5	63
November	5,7	15,5	-3,5	74
Dezember	4,3	16	-4,5	107

<b>Ulm 1997</b>				
Januar	-3,8	8,5	-14,1	1
Februar	3,3	14,2	-6,6	43
März	1,4	18,4	-2,6	31
April	6,6	18,7	-2,4	26
Mai	13	26,9	-0,1	18
Juni	15	26,3	3,7	138
Juli	16,4	25,7	8,8	90
August	19,3	29,1	9,3	18
September	14,9	27,2	4,2	20
Oktober	7,7	23,6	-4,7	51
November	3,4	16,7	-3,9	18
Dezember	1	11,4	-7,3	84

<b>Albstadt 1997</b>				
Januar	-2,5	11,3	-15,7	6
Februar	3	13,6	-6,5	78
März	5,4	18,7	-3,8	46
April	5,2	17,7	-5,9	50
Mai	11,5	25,7	-0,7	35
Juni	14	25,7	3,5	143
Juli	14,7	25,9	5,9	132
August	17,2	28,5	7,3	36
September	12,9	27,4	1,8	41
Oktober	6,7	23,3	-5,8	68
November	3,5	18,2	-4	23
Dezember	1,4	12	-7,7	114

<b>Rottweil 1997</b>	<b>Lufttemperatur</b>			<b>Niederschlag</b>
	<b>Mittel [°C]</b>	<b>Höchst [°C]</b>	<b>Tiefst [°C]</b>	<b>Höhe [mm]</b>
Januar	-3,2	9,9	-15,8	14
Februar	3,1	13,8	-7,9	87
März	5,5	20,3	-4,3	41
April	5,4	18,6	-7,4	41
Mai	11,6	25,8	-0,4	63
Juni	14,4	27,4	3,4	139
Juli	15,3	26,6	5	91
August	17,9	30	7,6	107
September	13,2	28,2	-0,5	32
Oktober	6,9	23,2	-8,9	51
November	3,5	15	-7,2	29
Dezember	1,4	12,4	-11,4	87

Tab. 2, Anhang: Erweiterte Beschreibung der Praxisobjekte

**Moos-Sedum (extensiv)**

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>Ba</i>	1a	-	-	Larven
<i>Ro</i>	1b	-	fast ausschließlich Moos	-
<i>P+RS</i>	3b	-	-	-
<i>SSB1</i>	1b	-	-	Feldheuschrecken
<i>Dresex</i>	3c	-	-	Feldheuschrecken
<i>Genoex1</i>	3c	-	-	Larven
<i>Geno ex2o</i>	3c	-	-	-
<i>Cola</i>	1a	-	-	Feldheuschrecken, Schwalbenschwanz
<i>ColaVe</i>	1a	-	-	-
<i>P+B</i>	3b	-	-	Larven
<i>Ro2</i>	1b	-	-	-
<i>Ro3</i>	1b	-	-	-
<i>FHSig1</i>	2a	-	-	-
<i>FHSig2</i>	2a	-	-	-
<i>EVZ1</i>	1a	-	relativ hohe Pflanzenvielfalt	-
<i>EVZ2</i>	1a	-	-	-
<i>EVZ3</i>	1a	-	-	-
<i>Grab</i>	1c	-	-	-
<i>KiGaRT</i>	2b	-	-	-
<i>LMG1</i>	2b	-	fast ausschließlich eine Sedum-Art	-
<i>SWE1</i>	1a	-	-	-
<i>SWE2</i>	1a	-	-	-

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadttrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

### Moos-Sedum (extensiv)

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>SWE3</i>	1a	-	-	Feldheuschrecke
<i>SWE4</i>	1a	-	-	-
<i>SWLBexo</i>	3c	-	-	-
<i>SWLBex3</i>	3c	-	-	-
<i>GymDo</i>	3a	-	-	-
<i>GHM</i>	3b	-	fast ausschließlich Sedum	Feldheuschrecke
<i>PHE</i>	3b	-	-	Larven

### Sedum-Gras-Kraut (extensiv)

<i>Mk</i>	2b	-	starker Moosbesatz	Feldheuschrecken, Larven
<i>KiGaT</i>	2b	-	-	-
<i>SH Si</i>	2b	-	-	Larven
<i>FABB</i>	1b	-	Vegetationsaspekte je nach Dachneigung	Larven, Feldheuschrecken
<i>SSB2</i>	1b	-	-	Feldheuschrecke
<i>Mör</i>	2b	-	-	-
<i>Rogg</i>	1a	-	-	Larven
<i>BCE7o</i>	1a	-	-	-
<i>BCE7u</i>	1a	-	-	-
<i>BCE8</i>	1a	-	-	junge Feldlerche
<i>BCE12</i>	1a	-	-	-
<i>Sa</i>	1a	-	-	-
<i>SZA1</i>	2b	-	kurzer Abschnitt mit leicht ge- neigtem Dach	-
<i>STP1</i>	3c	-	hohe Artenvielfalt	Feldheuschrecken
<i>STP2</i>	3c	-	-	Feldheuschrecken

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadtrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

### Sedum-Gras-Kraut (extensiv)

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>FlugS</i>	1a	-	-	-
<i>GymDu</i>	3a	-	-	Feldheuschrecken
<i>UUM</i>	1a	Kieswacken	-	Feldheuschrecken

### Gras-Kraut (extensiv)

<i>GymLeom</i>	2b	-	mannshohes Gras	-
<i>GymLeoo</i>	2b	-	-	-
<i>KSKBB</i>	3c	-	-	-
<i>EZS4</i>	1a	-	-	-
<i>KiGaK</i>	2b	-	-	-
<i>Sch</i>	2b	-	-	Larven
<i>DVZ</i>	1a	-	-	Larven
<i>Möbel</i>	1c	-	-	-
<i>PRH</i>	3a	-	-	Larven
<i>BZC</i>	1a	-	-	Larven, Feld- und Laub- heuschrecken
<i>Centra</i>	3b	-	-	-
<i>KHLeou</i>	1a	-	stark gepflegt (Schnitt)	-
<i>WagoexN</i>	1a	-	Nordseite	-
<i>SVWex</i>	2b	-	-	Feldheuschrecken
<i>Schw1</i>	1a	-	-	Larven
<i>Schw2</i>	1a	-	-	-
<i>Bak1</i>	1a	-	stark gepflegt (Schnitt)	-
<i>Bak2</i>	1a	-	stark gepflegt (Schnitt)	-
<i>Bak3</i>	1a	-	stark gepflegt (Schnitt)	-

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadtrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

### Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden (extensiv mit Anhögelungen)

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>KH</i>	1a	Anhögelungen, Hummelnist- kasten, Insektennistholz	Pflanzenvielfalt	tote Langschwanzmäuse in Fallen, Feldheu., Larven
<i>Not</i>	2b	Anhögelungen	Pflanzenvielfalt	Feld-, Dorn- und Laub- heuschrecken, Larven
<i>SSRT</i>	2b	Anhögelungen	geringe Artenvielfalt	viele Ameisen
<i>SSB3</i>	1b	Anhögelung im Randbereich	-	Feldheuschrecken, Larven
<i>GymP</i>	2c	Anhögelungen	Pflanzenvielfalt	Larven, Laubheuschrecke
<i>EZS</i>	1a	Anhögelungen	Pflanzenvielfalt	Feldheuschrecken, Wild- entennest
<i>GRH</i>	2a	-	älteres, ungepflegtes Dach	Larven
<i>Genoex2</i>	3c	Anhögelung	-	Larven
<i>Leo</i>	3c	Anhögelung	Pflanzenvielfalt	-
<i>Kohl</i>	1b	Anhögelungen	geringe Pflanzenvielfalt	Larven, Feldheuschrecken
<i>EZS2</i>	1a	Anhögelungen	Pflanzenvielfalt	Dorn- und Feldheuschreck., Wildentennest
<i>EZS3</i>	1a	Anhögelungen	Pflanzenvielfalt	Dornschröcken
<i>GemU</i>	2b	Anhögelungen	-	Larven
<i>AWA</i>	2c	Anhögelungen, Hummelnist- kasten, Tothölzer, Kies	sehr hohe Pflanzenvielfalt	Larven
<i>LMG2</i>	2b	Anhögelungen	-	Feldheuschrecken
<i>KHLeo2</i>	1a	Anhögelungen	geringe Pflanzenvielfalt, "Wüste" zwischen Anhögel.	Larven
<i>Lara HN</i>	3c	Anhögelungen	-	-
<i>KSKHN1</i>	3c	Anhögelung	-	-
<i>SWLBex2</i>	3c	Anhögelung	-	Larven
<i>GenoRä</i>	3c	Anhögelung	-	Larven

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadtrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

### Wildstauden-Gehölze (extensiv-intensiv)

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>KiGa</i>	2b	Hummelnistkästen, Totholz, Insektennistkasten	teilweise schräge, begrünte Kuppeln	Larven, Feldheuschrecken, Amsel- und Hummelnester
<i>Laraint</i>	3c	-	schattige Lage	Larven
<i>Laraex</i>	3c	Anhügelungen	-	Larven
<i>HPexin</i>	1a	Anhügelung	-	Larven, Feldheuschrecken
<i>Ra</i>	1c	Anhügelungen	hohe Pflanzenvielfalt	Larven
<i>RHSi</i>	3c	-	Pflanzenvielfalt	-
<i>PLK</i>	2b	Anhügelungen, Kiesflächen, Hummelnistkasten	Pflanzenvielfalt	Laub- und Feldheu- schrecken, Wespenspinne
<i>Presse</i>	1a	Anhügelungen, Hummelnist- kästen, Wasserflächen	hohe Pflanzenvielfalt	Feldheus., Wildente, Stieg- litz, Libellen, Larven
<i>Dresint</i>	3c	-	schattige Lage, geringe Pflanzenvielfalt	-
<i>GymLeou</i>	2b	Totholz in Form verrotteter Pflanzkübel, Anhügelungen	-	-
<i>PH2</i>	3c	-	-	Larven, Laubheuschrecke
<i>MöWö</i>	1a	Kiesfläche (ausgetrocknete Wasserfläche)	-	-
<i>Neo</i>	1a	Kiesflächen	begehbare Terrasse	-
<i>UVG</i>	1a	Kieswacken, Anhügelung	begehbare Terrasse	-
<i>LZBSa2</i>	3c	Holzbohlen	-	Feldheuschrecken
<i>ENSÖ</i>	1a	-	teil einer größeren Versuchs- anlage	Dorn- Feld- und Laubheus., Larven

### Hohe Stauden und Sträucher (intensiv)

<i>HPint</i>	1a	Hummelnistkasten, Insekten- nistholz	-	Larven, Laubheuschrecke
<i>HPing</i>	1a	-	-	Larven
<i>Musi</i>	3c	Hummelnistkasten	begehbare Terrasse	Laub- und Dornheuschr., Säugernest im Hummelnist.
<i>Heu</i>	2c	-	begehbare Terrasse	Larven
<i>Wago int</i>	1a	-	begehbare Terrasse	Vogelnest im Strauch
<i>SZH</i>	2a	Insektennistholz	-	Ameisenbau

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadtrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

### Hohe Stauden und Strucher (intensiv)

Bezeichg.	Lage	Struktur- elemente	Bemerkungen	weitere Faunenelemente
<i>Genoint</i>	3c	Kieswacken	-	Larven
<i>SKE</i>	3c	-	-	-
<i>HZN</i>	3c	-	begehbare Terrasse, Schaugarten	Larven
<i>Dach</i>	1a	-	begehbare Terrasse	-
<i>PH1</i>	3c	-	begehbare Terrasse	Larven
<i>KP1</i>	3c	Kieswacken	begehbare Flache	-
<i>KP2</i>	3c	-	begehbare Flache	-
<i>SVWint</i>	2b	Vogeltranke	begehbare Terrasse	-
<i>KSKHN2</i>	3c	Kieswacken	-	-
<i>SWLBS</i>	3c	-	begehbare Terrasse	-
<i>SWLBN</i>	3c	Kieswacken	begehbare Terrasse	-
<i>Sparda</i>	3c	-	-	Larven
<i>Rust</i>	1a	Wasserflache, Hummel- und Vogelnistkasten, Kieswacken	Solarbewasserung	-
<i>Bru</i>	1a	Wasserflache	begehbare Terrasse	-
<i>LZBSa1</i>	3c	-	begehbare Terrasse	Dornschracken
<i>DRKSa1</i>	3c	-	schattige Lage	-
<i>DRKSa2</i>	3c	-	schattige Lage	-

1=Industriegebiet, 2=Wohngebiet, 3=Mischgebiet, a=Stadtrand, b=Stadt, c=Stadtzentrum;

Tab. 3, Anhang: Aktivitätsdichte der Fauna der Praxisobjekte

<b>Extensive Begrünungsformen</b>					
<i>(Moos-Sedum, Sedum-Gras-Kraut, Gras-Kraut)</i>					
<i>Ba</i>		<i>Mk</i>		<i>KiGaK</i>	
Spinnen	730	Spinnen	498	Spinnen	239
Käfer	78	Käfer	183	Käfer	67
Ameisen	9	Ameisen	62	Ameisen	18
Hundertfüßer	6	Hundertfüßer	1	Hundertfüßer	0
Larven	22	Larven	77	Larven	54
Asseln	0	Asseln	0	Asseln	0
Regenwürmer	0	Regenwürmer	0	Regenwürmer	0
Schnecken	0	Schnecken	0	Schnecken	0
Heuschrecken	0	Heuschrecken	116	Heuschrecken	0
Zikaden	86	Zikaden	50	Zikaden	9
Wanzen	77	Wanzen	75	Wanzen	2
Fluginsekten	106	Fluginsekten	183	Fluginsekten	24
	1114		1245		413

<b>Extensive Begrünungsformen mit Anhögelungen</b>					
<i>(Sedum-Kraut-Gehölze/Stauden)</i>					
<i>KH</i>		<i>GRH</i>		<i>EZS</i>	
Spinnen	272	Spinnen	27	Spinnen	490
Käfer	235	Käfer	19	Käfer	156
Ameisen	1069	Ameisen	206	Ameisen	105
Tausendfüßer	0	Doppelfüßer	6	Doppelfüßer	64
Larven	14	Larven	15	Larven	35
Asseln	0	Asseln	0	Asseln	300
Regenwürmer	0	Regenwürmer	7	Regenwürmer	8
Schnecken	34	Schnecken	361	Schnecken	28
Heuschrecken	1	Heuschrecken	0	Heuschrecken	33
Zikaden	273	Zikaden	10	Zikaden	46
Wanzen	48	Wanzen	4	Wanzen	1
Fluginsekten	170	Fluginsekten	163	Fluginsekten	41
	2116		818		1307
<i>EZS3</i>					
Spinnen	549				
Käfer	224				
Ameisen	72				
Hundertfüßer	9				
Larven	80				
Asseln	163				
Regenwürmer	4				
Schnecken	225				
Heuschrecken	24				
Zikaden	43				
Wanzen	13				
Fluginsekten	21				
	1427				

### Extensiv-intensive Begrünungsformen

(Wildstauden-Gehölze)

<i>HPexin</i>		<i>KiGa</i>		<i>Laraex</i>	
Spinnen	301	Spinnen	523	Spinnen	263
Käfer	346	Käfer	874	Käfer	394
Ameisen	248	Ameisen	387	Ameisen	1034
Doppelfüßer	91	Doppelfüßer	30	Doppelfüßer	28
Larven	196	Larven	107	Larven	48
Asseln	2314	Asseln	87	Asseln	2
Regenwürmer	24	Regenwürmer	66	Regenwürmer	10
Schnecken	719	Schnecken	1495	Schnecken	848
Heuschrecken	6	Heuschrecken	6	Heuschrecken	2
Zikaden	187	Zikaden	1858	Zikaden	18
Wanzen	38	Wanzen	43	Wanzen	179
Fluginsekten	463	Fluginsekten	257	Fluginsekten	286
	4933		5733		3112
<i>Ra</i>		<i>ENSÖ</i>		<i>Laraint</i>	
Spinnen	337	Spinnen	386	Spinnen	282
Käfer	358	Käfer	117	Käfer	149
Ameisen	72	Ameisen	50	Ameisen	75
Hundertfüßer	50	Hundertfüßer	31	Doppelfüßer	107
Larven	120	Larven	16	Larven	70
Asseln	1	Asseln	1	Asseln	9
Regenwürmer	6	Regenwürmer	54	Regenwürmer	13
Schnecken	736	Schnecken	371	Schnecken	1677
Heuschrecken	15	Heuschrecken	1	Heuschrecken	0
Zikaden	99	Zikaden	39	Zikaden	1
Wanzen	82	Wanzen	9	Wanzen	45
Fluginsekten	99	Fluginsekten	213	Fluginsekten	98
	1975	Ohrwürmer	17		2526
			1305		

**Intensive Begrünungsformen***(Hohe Stauden und Sträucher)*

<i>HPint</i>		<i>HPing</i>		<i>Musi</i>	
Spinnen	284	Spinnen	178	Spinnen	273
Käfer	891	Käfer	129	Käfer	120
Ameisen	1787	Ameisen	2977	Ameisen	1345
Tausendfüßer	52	Tausendfüßer	108	Tausendfüßer	166
Larven	8	Larven	5	Larven	6
Asseln	15543	Asseln	0	Asseln	1271
Regenwürmer	5	Regenwürmer	5	Regenwürmer	1
Schnecken	60	Schnecken	125	Schnecken	191
Heuschrecken	0	Heuschrecken	0	Heuschrecken	4
Zikaden	106	Zikaden	10	Zikaden	30
Wanzen	347	Wanzen	14	Wanzen	21
Fluginsekten	296	Fluginsekten	236	Fluginsekten	292
Ohrwürmer	284		3787		3720
	19663				
<i>SZH</i>					
Spinnen	41				
Käfer	30				
Ameisen	333				
Tausendfüßer	0				
Larven	1				
Asseln	2				
Regenwürmer	1				
Schnecken	11				
Heuschrecken	0				
Zikaden	43				
Wanzen	2				
Fluginsekten	34				
	498				