

Ökologisch - faunistische Aspekte begrünter Dächer in Abhängigkeit vom Schichtaufbau

Diplomarbeit

der Fakultät für Biologie der Universität Tübingen

vorgelegt von

Mann, Gunter

Tübingen, Juni 1994

Hiermit erkläre ich, daß ich diese Arbeit selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Tübingen, den 30.06.1994

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in der Abteilung Physiologische Ökologie der Universität Tübingen unter Betreuung von PD Dr. E. Müller angefertigt.

Ihm danke ich für sein Interesse und seine Bereitschaft diese Arbeit zu unterstützen.

Mein Dank gilt auch dem Zweitkorrektor Herrn Dr. C. Meier - Brook.

Mein Interesse an der Ökologie wurde durch das Großpraktikum "Ökologie" und die daran anschließende "Alpenexkursion" der Universität Tübingen geweckt. Dafür danke ich dem Lehrstuhl Physiologische Ökologie, namentlich Herrn Prof. Dr. E. Kulzer und Herrn Dr. E. Müller.

Für die Nachbestimmung meiner gefangenen Insekten danke ich folgenden Personen:

Frau Dipl. Biol. A. Hirschfelder, Ostercappeln (*Carabidae*),

Herrn Dipl. Ing. agr. C. Schmid-Egger, Karlsruhe und Herrn Dipl. Biol. R. Riedmiller, Heidelberg (*Apoidea*).

Weiterhin gilt mein Dank der Firma Hewlett-Packard (Herrn Kloß und Herrn Weireither), dem Krankenhaus Sindelfingen und der Stadt Sindelfingen für die Genehmigung, die Gründächer untersuchen zu dürfen, der Firma Dachgarten (Herr Philippi), Sindelfingen für die technischen Informationen und der Firma optima, Zentrale Süd, Krauchenwies-Göggingen für ihre Geldspende, ohne die eine Temperaturmessung nicht möglich gewesen wäre.

Besonders danken möchte ich meinem Bruder Olaf für die Unterstützung am Computer und meiner Freundin Christine für Korrekturlesen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	2
2.1 <i>Begriffe aus dem Bereich der "Dachbegrünung"</i>	2
2.2 <i>Abiotische Faktoren</i>	4
2.2.1 Physikalisch-chemische Bodenuntersuchung	4
2.2.2 Temperatureaufnahme	5
2.3 <i>Erfassung der Vegetation</i>	6
2.4 <i>Erfassung der Fauna</i>	7
2.4.1 Quantitativ: <i>Carabidae</i>	7
2.4.2 Qualitativ: <i>Apoidea, Lepidoptera</i> und <i>Saltatoria</i>	8
2.5 <i>Beschreibung der Untersuchungsflächen</i>	9
2.5.1 Geographische und klimatische Einordnung	9
2.5.2 Beschreibung der untersuchten Dächer	11
2.5.2.1 Hewlett-Packard (extensiv)	13
2.5.2.2 Krankenhaus	16
2.5.2.3 Kindergarten	19
2.5.2.4 Hewlett-Packard (intensiv)	22
2.5.2.5 Übersicht der Untersuchungsobjekte	25
3. Ergebnisse	26
3.1 <i>Quantitativ</i> (Auswertung der Bodenfallenfänge)	26
3.1.1 <i>Arthropoda, Oligochaeta</i> und <i>Gastropoda</i>	26
3.1.2 <i>Carabidae</i>	31
3.1.2.1 Phänologie	31
3.1.2.2 Artenliste	32
3.1.2.3 Aktivitätsdichte	33
3.1.2.4 Dominanzstruktur und Dominanzindex	34
3.1.2.5 Diversität und Evenness	36
3.1.2.6 Indices nach SÖRENSEN, RENKONEN, JACCARD und WAINSTEIN	38

3.2 <i>Qualitativ</i> (Auswertung der "Kescherfänge")	43
3.2.1 <i>Apoidea</i>	43
3.2.2 <i>Lepidoptera</i>	51
3.2.3 <i>Saltatoria</i>	54
4. Diskussion	56
5. Zusammenfassung	63
6. Literaturverzeichnis	64
7. Tabellenanhang	69

1. Einleitung

Ein Blick in das Geschichtsbuch zeigt, daß es schon im Altertum "Dachgärten" gegeben hat. So z.B. die "Hängenden Gärten" von Babylon zu Zeiten des König Nebukadnezar II oder kurz nach der Jahrhundertwende, etwa um 1705, die fürstbischöfliche Residenz zu Passau.

In den skandinavischen Ländern haben Rasendächer eine lange, mehrere Jahrhunderte alte Tradition. Dort wurden sie allerdings mehr als Schutz und Isolierung der Dachhaut als aus ökologischer Sicht eingesetzt.

In der heutigen Zeit gewinnen Dachbegrünungen immer mehr an Bedeutung. Jährlich werden in West-Deutschland 12.600 ha Freiflächen mit Gebäuden überbaut (ERNST 1984) und bis zu 90 % der Stadtflächen durch Gebäude, Parkplätze und Straßen "versiegelt" (KOLB und SCHWARZ 1987).

Die meßbaren Vorteile einer Dachbegrünung stellen sich wie folgt dar:

- Schutz der Dachabdichtung, da beispielsweise die jährliche Temperaturamplitude von ca. 100° C (ohne Begrünung) auf ca. 30° C (mit Begrünung) gesenkt wird (NEDER 1985, FLL 1984).
- Verbesserung des Stadtklimas durch die Verdunstung der Vegetation (HÖSCHELE und SCHMIDT 1974).
- Lärminderung gegenüber einem Kiesdach von 2 - 3 dB durch die reich strukturierte Oberfläche (MINKE 1984, HÖSCHELE und SCHMIDT 1974).
- Entlastung der Kläranlagen durch Regenwasserrückhalt bei einem Abflußbeiwert von 0,3 - 0,5 im Vergleich zu 0,7 eines unbegrünten Kiesdaches (FLL 1984, MENDEL 1985, KOLB und SCHWARZ 1986).
- Filterwirkung in Bezug auf Staub und schädliche Aerosole. Etwa 10-20 % verringerter Staubgehalt der Luft in unmittelbarer Nähe eines Grasdaches (HÖSCHELE und SCHMIDT 1974).

Es gibt jedoch nur wenige Untersuchungen zur Fauna begrünter Dächer und deren ökologischer Wertigkeit und Nutzen im Sinne der Stadtökologie und der Biotopvernetzung (ACHTEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, RIEDMILLER 1991, MÜLLER 1988, ZIMMERMANN 1987, DARIUS und DREPPER 1983, KLAUSNITZER et al. 1980, KLAUSNITZER 1988, KYTZLER und SULZBERG 1992, JOGER und VOWINKEL 1992).

Die vorliegende Arbeit soll eine faunistische Momentaufnahme sein und darüber hinaus auch eine wissenschaftliche Grundlage aus ökologischer Sicht bieten, verschiedene Dachbegrünungsformen zu bewerten und zu differenzieren (vgl. auch ZIMMERMANN 1987), da von behördlicher Seite vermehrt Dachbegrünungen als bauliche Auflagen verlangt werden. Jedoch wird meist außer acht gelassen, bzw. es fehlen die entsprechenden Fakten, daß es verschiedene Dachbegrünungs-Systeme mit unterschiedlicher ökologischer Wertigkeit gibt.

Aus diesen Gründen ergaben sich die folgenden Fragestellungen:

- a) Werden begrünte Dächer von Arthropoden als Ersatz-Biotop angenommen ?
- b) Durch welche Ansprüche wird diese Arthropodengemeinschaft charakterisiert ?
- c) Ist eine längerfristige Etablierung der Fauna gegeben bzw. möglich ?
- d) Unterscheiden sich verschiedene Dachbegrünungsformen (u.a. unterschiedliche Substrathöhen) hinsichtlich der Zusammensetzung ihrer Arthropodenfauna ?

2. Material und Methoden

2.1 Begriffe aus dem Bereich der "Dachbegrünung"

In der vorliegenden Arbeit werden Begriffe aus der Dachbegrünungsbranche verwendet und unterschiedliche Begrünungssysteme untersucht. Deshalb werden die wichtigsten Begriffe und der Aufbau einer Dachbegrünung in diesem Kapitel erläutert.

Schichtaufbau: Gesamtheit der Dachbegrünung; hierzu zählen Drainage-, Filter- und Substratschicht.

Ausgehend von einer wurzelfesten Dachabdichtung oder einer Wurzelschutzbahn folgt der entsprechende Schichtaufbau:

Ein-Schicht-Aufbau: Nur eine Substratschicht, die die Funktion Drainage und Vegetationsschicht vereint. Gesamtschichtstärke etwa 5-10 cm.

Zwei-Schicht-Aufbau: Eine höhere mineralische Substratschicht (1. Schicht) überzogen mit einer geringeren organischen Auflage (2. Schicht). Gesamtschichtstärke etwa 8 cm.

Drei-Schicht-Aufbau: Auf die Wurzelschutzbahn kommt eine Drainageschicht (1. Schicht) in Form von Kunststoffelementen (z.B. "Florateg") oder mineralischen Schüttstoffen (z.B. "Perl" - Blähschiefer). Funktion: Abführen des Überschuwassers. Über der Drainageschicht folgt eine Lage Filtervlies (2. Schicht) mit der Funktion, das Einschlämmen von Feinteilen aus der Erdschicht in die Drainageschicht zu verhindern. Die 3. Schicht stellt das Substrat (Vegetationsschicht) dar. Gesamtschichtstärke etwa 10-45 cm.

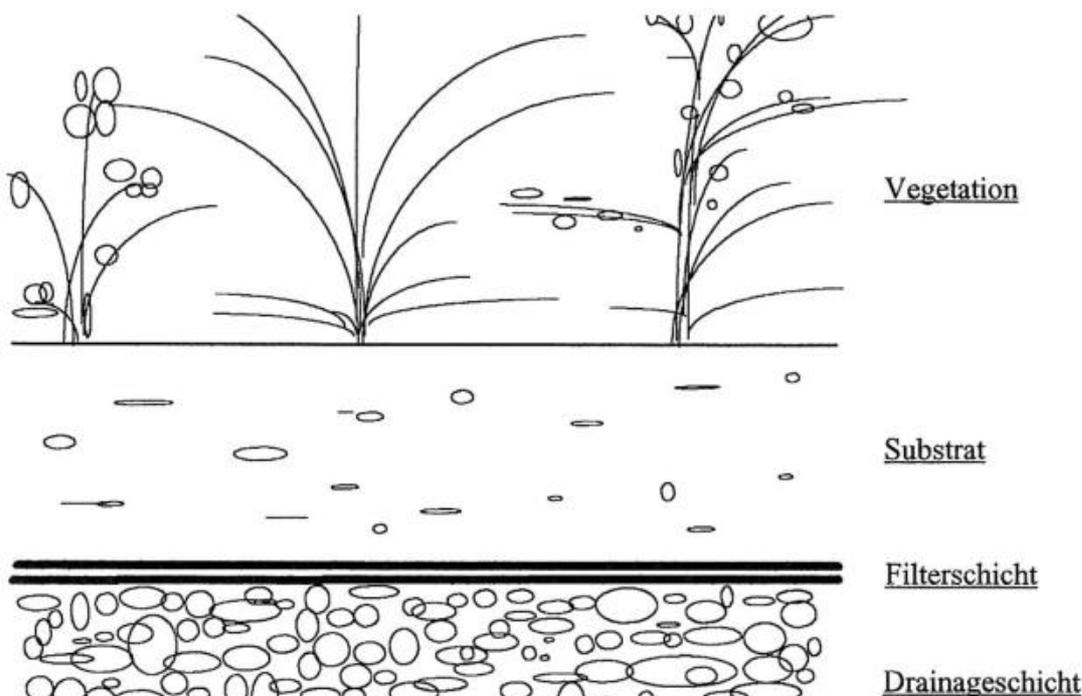


Abb. 1: Aufbau einer Dachbegrünung (z.B. Drei-Schicht-Aufbau)

Bei Dachbegrünungen wird i. d. Regel zwischen "*extensiver*" und "*intensiver*" Begrünung unterschieden:

Unter "*extensiver Dachbegrünung*" versteht man eine pflegearme und sehr trockenheitsliebende und -tolerante Begrünungsform, deren Schichtaufbau überwiegend durch mineralische Substrate und einschichtigen Aufbau gekennzeichnet ist.

Es werden vorrangig Substrate aus Lava-, Bims-, Blähschiefer-, Blähton- Gemischen ohne bzw. mit geringem organischen Zusätzen (wie z.B. Torf, Kompost, Holzhäcksel) verwendet. Folglich ist die Wasseraufnahmefähigkeit dieser Substrate meist gering, und Flora und Fauna sind größerem Trockenstreß ausgesetzt. Als Vegetation etablieren sich hauptsächlich *Crassulaceen* (Dickblattgewächse).

Bei der "*Intensiv-Begrünung*" geht man von einem höheren Schichtaufbau (Drei-Schicht-Aufbau) und einer Zusatz-Bewässerung aus. Die Substrate haben einen höheren organischen Anteil und werden in Schichtstärken von 15-40 cm eingebaut.

Durch größere Wasseraufnahmefähigkeit und Schichthöhe können bei einer intensiven Dachbegrünung verschiedene Pflanzen Verwendung finden, z.B. *Geranium*, *Lavandula* bis zu *Pinus* und *Salix*. Pflanzen mit verschiedenen ökologischen Ansprüchen sind möglich.

Intensive Begrünung bedeutet allerdings auch, daß mehrmals im Jahr gepflegt werden muß.

2.2 Abiotische Faktoren

Die Schwerpunkte dieser Arbeit lagen bei der Datenerhebung der Fauna.

Doch sollten die abiotischen Faktoren nicht vernachlässigt werden, da sie zusammen mit den biotischen Faktoren ein Biotop charakterisieren.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der untersuchten Dächer waren die unterschiedlichen Substrattiefen. Deshalb wurden die Substrate hinsichtlich pH-Wert, Kalkgehalt, Feuchtigkeitsgehalt, Maximaler Wasserkapazität und Temperatur etwas näher untersucht.

2.2.1 Physikalisch-chemische Bodenuntersuchungen

pH - Wert

Am 07.09.1993 wurden pro Dach zwei Bodenproben aus ca. 3 cm Tiefe entnommen und die Bodenacidität im Labor ermittelt.

Dazu wurden jeweils 5 g mit 0,01 M CaCl₂ - Lösung im Verhältnis 1:2 versetzt und vermischt (BRUCKER und KALUSCHE 1990). Der pH-Wert wurde nach einer Stunde ermittelt.

Kalkgehalt

Dieselben Proben (vgl. pH-Wert) wurden mit 10 %-iger Salzsäure beträufelt und nach BRUCKER und KALUSCHE (1990) wie folgt eingeteilt:

keinerlei Aufbrausen	Kalkgehalt unter 0,5 %	kalkfrei bis kalkarm	1
schwaches, nicht anhaltendes Brausen	Kalkgehalt 0,5 - 2 %	schwacher Kalkgehalt	2
deutliches Brausen, nicht anhaltend	Kalkgehalt 3 - 4 %	mäßiger Kalkgehalt	3
starkes, anhaltendes Brausen	Kalkgehalt ab 5 %	starker Kalkgehalt	4

Bodenfeuchtigkeitsgehalt

Zur Ermittlung des Bodenfeuchtigkeitsgehaltes und der Maximalen Wasserkapazität des untersuchten Bodens wurden am 07.09.1993 pro Dach zwei Proben von ca. 800 cm³ entnommen und im Labor untersucht.

Das Frischgewicht F der Proben zwei Stunden nach der Probennahme und das Trockengewicht T nach 24 Stunden bei 105 ° C wurden ermittelt und aus der Differenz von feuchtem und trockenem Substrat errechnet sich der Prozentsatz des Bodenfeuchtigkeitsgehaltes W, bezogen auf das Bodenvolumen V nach der Formel:

$$W = \frac{(F-T)}{V} \times 100 \quad [\%].$$

Maximale Wasserkapazität MWK

Die MWK ist aussagekräftiger als die "Momentaufnahme" Bodenfeuchtigkeitsgehalt, weil die Maximale Wasserkapazität unabhängig von der Witterung gilt. Die MWK sagt aus, welche Wassermenge ein Substrat maximal aufnehmen kann und gegen die Schwerkraft zu halten vermag (BRUCKER und KALUSCHE 1990).

Dieselben Proben (vgl. "Bodenfeuchtigkeitsgehalt") wurden so lange mit Wasser durchtränkt, bis sie wassergesättigt waren. Dieser Zustand wurde erreicht, als die Bodenproben kein Wasser mehr aufnehmen, aber auch nach einer zweistündigen Abtropfzeit kein Wasser mehr abgeben konnten.

Dieses Naßgewicht N und das Trockengewicht T (nach 24 Stunden bei 105 ° C) wurden bestimmt und die MWK in Prozent, bezogen auf das Bodenvolumen V, nach folgender Formel berechnet:

$$MWK = \frac{N-T}{V} \times 100 \quad [\%].$$

2.2.2 Temperaturentnahmen

Um abschätzen zu können, ob und wie tief die Substrate der untersuchten Dächer im Winter gefrieren und im Sommer erwärmt werden, wurden pro Dach ein bis drei Temperaturfühler in unterschiedlicher Bodentiefe installiert. Die Meßpunkte lagen in Tiefen von 5, 7, 11, 13, 20 und 24 cm. Die Meßgenauigkeit betrug $\pm 1^\circ \text{C}$.

Die an einem Stab befestigten Temperatur-Fühler wurden in ein vorgefertigtes Bohrloch eingelassen und dieses im Anschluß daran mit Sand aufgefüllt (vgl. MÜHLENBERG 1989). Das Bohrloch erreichte je nach Dachbegrünungsaufbau das Schutzvlies der Dachabdichtung bzw. das Filtervlies der Drainageschicht. Eventuell vorkommende Bodenlebewesen konnten also auch nicht tiefer in das Substrat eindringen.

Abgelesen wurde von Januar bis September 1993 an sehr kalten Tagen mit Minustemperaturen bzw. an sehr heißen Tagen.

Ziel war es nicht, eine kontinuierliche Temperaturkurve zu erhalten, dazu wäre eine kostenaufwendigere "Wetterstation" notwendig gewesen, sondern eine Vorstellung zu bekommen, in welchen Bereichen sich die Bodentemperatur bewegt. Mit diesen Daten kann beispielsweise abgeschätzt werden, ob frostfreie Rückzugsflächen für Bodentiere überhaupt zu erwarten sind. Bei der Beschreibung der Untersuchungsflächen unter Punkt 2.5.2 werden deshalb jeweils nur der kälteste und der wärmste Tag exemplarisch aufgeführt. Zu beachten ist, daß teilweise noch tiefere bzw. höhere Temperaturen zu erwarten sind, da die Thermometer nur tagsüber bzw. an Werktagen abgelesen werden konnten.

2.3 Erfassung der Vegetation

Auf allen untersuchten Dachflächen wurden während der gesamten Vegetationsperiode 1993 Aufnahmen der Blütenpflanzen durchgeführt, schwerpunktmäßig im Mai und August.

Der Deckungsgrad der Pflanzen eines Daches, d.h. die senkrechte Projektion der Pflanzen, wurde geschätzt und einer Deckungsgradskala mit sechs Abstufungen (aus RUNGE 1990 nach BRAUN-BLANQUET 1964) zugeordnet:

- + = spärlich mit sehr geringem Deckungswert
- 1 = reichlich, aber mit geringem Deckungswert oder spärlich mit größerem Deckungswert (< 5 %)
- 2 = sehr zahlreich oder mindestens 5 % der Aufnahme­fläche deckend (5-25 %)
- 3 = 25-50 % der Aufnahme­fläche deckend
- 4 = 50-75 % der Aufnahme­fläche deckend
- 5 = mehr als 75 % der Aufnahme­fläche deckend.

Die Pflanzen wurden nach SCHMEIL und FITSCHEN (1982) und HERWIG (1982) bestimmt. Ökologische Ansprüche sind aus OBERDORFER (1990) und SCHAUER und CASPARI (1989) ergänzt.

2.4 Erfassung der Fauna

Bei der Auswahl der Tiergruppen erschien es sinnvoll, möglichst verschiedene Lebensformtypen zu erfassen, um so die Vielfaltigkeit des Ökosystems besser charakterisieren zu können. Aus diesem Grund wurden Laufkäfer (*Carabidae*) ausgewählt. Diese Tiergruppe läßt sich durch Bodenfallen quantitativ erfassen und u.a. mit den Arbeiten anderer Autoren vergleichen. Als weitere Gruppen wurden Wildbienen (*Apoidea*), Schmetterlinge (*Lepidoptera*) und Heuschrecken (*Saltatoria*) gewählt, die wiederum andere nahrungsökologische Gruppen darstellen.

2.4.1 Quantitativ: *Carabidae*

Zur Erfassung der epigäischen Fauna wurden Bodenfallen nach BARBER (1931) eingesetzt. Aufgrund der Tatsache, daß mit Bodenfallen nur agile Tiere erfaßt werden können, wird nicht die absolute Besiedlungsdichte (statische Flächendichte), sondern die Aktivitätsdichte (dynamische Flächendichte) (HEYDEMANN in BALOGH 1958) registriert.

Da die Substrathöhe der untersuchten Dächer teilweise nur 5 cm betrug, konnten nur flache Gläser zur Anwendung kommen. Es wurden Gläser der Firma Müller (Ebsdorf) mit einer Höhe von 5 cm und einem Öffnungsdurchmesser von 7,5 cm verwendet.

Die Gläser wurden ebenerdig eingegraben und zur Hälfte mit 50-% igem Ethylenglycol befüllt. Zur Herabsetzung der Oberflächenspannung wurden ein paar Tropfen Spülmittel zugesetzt.

Diese Fangflüssigkeit 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 zeigen, ist für keine Fangflüssigkeit ein Attrahierungseffekt auszuschließen (ADIS und KRAMER 1975, ADIS 1974), d.h. auch bei Ethylenglykol besteht die Möglichkeit der Anlockung.

Als Regenschutz der Bodenfallen dienten 20 x 15 cm große Glasscheiben, die von vier Holzfüßen etwa 10 cm über den Fallen gehalten wurden.

Auf allen untersuchten Dächern wurden jeweils vier Bodenfallen so aufgestellt, daß möglichst verschiedene Biotopstrukturen erfaßt wurden. Die genaue Lage und Anordnung der Fallen ist in Kapitel 2.5.2 "Beschreibung der untersuchten Dächer" ersichtlich und richtete sich nach der kleinsten Untersuchungsfläche. Die Fallenanordnung bzw. die Flächengröße dieses Daches wurde näherungsweise auf die anderen Untersuchungsflächen übertragen, um die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Flächengrößen zu erhöhen.

Der Abstand der Fallen betrug zwischen 4 und 8 m. Der Wirkungsradius einer Falle beträgt nach SKUHRVY (1957) durchschnittlich 4 m. Der Fangzeitraum erstreckte sich vom 06.04.1993 bis 21.09.1993, dabei wurden die Fallen alle 14 Tage ausgewechselt und die Fangflüssigkeit erneuert.

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

Zudem wurden einige Arthropoden-Taxa (*Coleoptera*, *Formicoidea*, *Auchenorrhyncha*, *Dermaptera*, *Araneae*, *Myriapoda*, *Isopoda*), sowie *Gastropoda* und *Oligochaeta* für jede Falle ausgezählt. Die *Coleoptera* wurden nochmals in die Familien *Carabidae*, *Staphyllinidae*, *Curculionidae* und *Elateridae* untergliedert.

Tab. 1: Auswechseln der Bodenfallen (Fangperioden)

06.04.1993 - 20.04.1993:	I
20.04.1993 - 04.05.1993:	II
04.05.1993 - 18.05.1993:	III
18.05.1993 - 01.06.1993:	IV
01.06.1993 - 15.06.1993:	V
15.06.1993 - 29.06.1993:	VI
29.06.1993 - 13.07.1993:	VII
13.07.1993 - 27.07.1993:	VIII
27.07.1993 - 10.08.1993:	IV
10.08.1993 - 24.08.1993:	X
24.08.1993 - 07.09.1993:	XI
07.09.1993 - 21.09.1993:	XII

Die Determination der *Carabidae* erfolgte nach FREUDE, HARDE und LOHSE (1976) und TRAUTNER und GEIGENMÜLLER (1987).

2.4.2 Qualitativ: *Apoidea*, *Lepidoptera* und *Saltatoria*

Um auch die Bewohner der Krautschicht zu erfassen, hier gezielt Wildbienen, Schmetterlinge und Heuschrecken, wurden zusätzlich Hand- und Kescherfänge durchgeführt.

Schwerpunktmäßig in den Monaten Mai, Juni und August wurden alle vier Untersuchungsflächen innerhalb von zwei Tagen zu unterschiedlichen Tageszeiten, jeweils etwa ein bis zwei Stunden, begangen.

Dabei wurden vor allem die blütentragenden Pflanzen nach Wildbienen und tagaktiven Schmetterlingen abgesucht und diese mit dem Netz gefangen. Die Heuschrecken waren am Werbegesang bzw. durch Aufscheuchen zu finden.

Die Methode "Kescherfänge" läßt natürlich kaum eine Aussage über die Besiedlungsdichte der untersuchten Gründächer zu, gibt aber dennoch Aufschlüsse, welche Tierarten die unterschiedlichen Dachbegrünungsformen nutzen.

Es sollten für alle untersuchten Dächer Artenlisten der erfaßten *Apoidea*, *Lepidoptera* und *Saltatoria* als Ergänzung zur quantitativen Datenerhebung der *Carabidae* erstellt werden.

Als Bestimmungsliteratur dienten SCHMIEDEKNECHT (1930) und MAUSS (1987) bei den Wildbienen, FORSTER und WOHLFAHRT (1984) bei den Schmetterlingen und BELLMANN (1985) bei den Heuschrecken.

2.5 Beschreibung der Untersuchungsflächen

2.5.1 Geographische und klimatische Einordnung

Die untersuchten Dächer befinden sich im Siedlungsbereich der Nachbarstädte Böblingen und Sindelfingen im Süd-Westen Deutschlands.

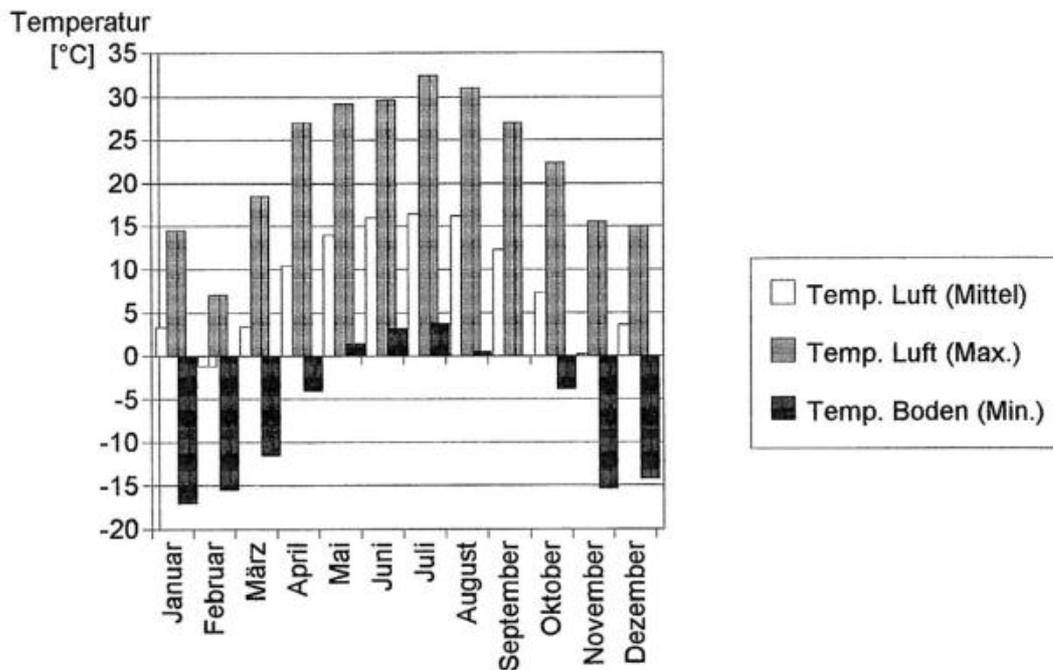


Abb. 2: Wetterdienstmeßstation Böblingen: Durchschnitts- und Maximaltemperaturen über dem Boden; Minimaltemperaturen am Boden 1993 (DWD, 1993)

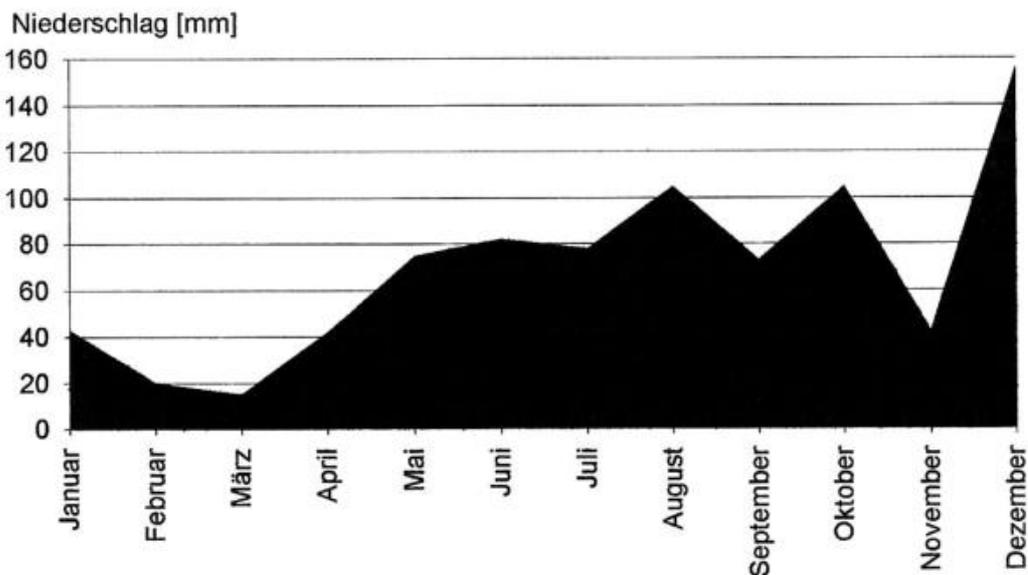


Abb. 3: Wetterdienstmeßstation Böblingen: monatliche durchschnittliche Niederschläge 1993 (DWD, 1993)

Das Klima in den Städten ist durch eine um durchschnittlich 5 ° C erhöhte Temperatur gegenüber dem Umland charakterisiert (LÜKENGA 1986). Die Temperatur nimmt vom Umland in Richtung Stadtzentrum , im Gegensatz zur sinkenden Luftfeuchtigkeit, zu.

Ursache für die Überwärmung und Minderung der Luftfeuchtigkeit ist einerseits die von Staub und Abgasen gebildete Dunsthaube über der Stadt (SUKOPP et al. 1980, MEHL und WERK 1987) und andererseits die dreidimensionale Bauweise in den Städten (ERIKSEN 1964).

Die Dunsthaube behindert die Wärmeabstrahlung in die Atmosphäre und reflektiert die Stadtwärme. Die dreidimensionale Bauweise bewirkt eine 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.

Bereiche mit dichterem Pflanzenbewuchs, wie Parks, Friedhöfe u.ä., können jedoch selbst in der Stadt ähnliche Klimaverhältnisse aufweisen wie das Umland (ERIKSEN 1964).

2.5.2 Beschreibung der untersuchten Dächer

Als Untersuchungsobjekte standen im Raum Böblingen/Sindelfingen mehrere extensive und intensive Flachdachbegrünungen zur Auswahl, wovon letztendlich vier Dächer näher untersucht wurden.

Auswahlkriterien waren die möglichst freie, windexponierte Lage und die unterschiedliche Substrathöhe der einzelnen Dachbegrünungen. Es sollten Dachbegrünungen mit unterschiedlichem Schichtaufbau vergleichend untersucht werden.

Alle vier untersuchten Dächer sind Flachdächer und sollen folgendermaßen bezeichnet werden (Anordnung nach steigendem Schichtaufbau, von "extensiv" bis "intensiv"):

Dach 1:	Hewlett-Packard (extensiv) :	HP ex
Dach 2:	Krankenhaus:	KH
Dach 3:	Kindergarten:	KiGa
Dach 4:	Hewlett-Packard (intensiv):	HP int

Abb. 5 zeigt die Lage der Untersuchungsobjekte im Stadtgebiet Böblingen/Sindelfingen.



Abb. 4: Blick auf das Industriegelände Böblingen-Hulb [mit *HP ex* (links) und *HP int* (rechts)]

Im Folgenden werden die untersuchten Dächer einzeln beschrieben, in Kapitel 2.5.2.5 auf Seite 25 findet sich eine zusammenfassende Übersicht.

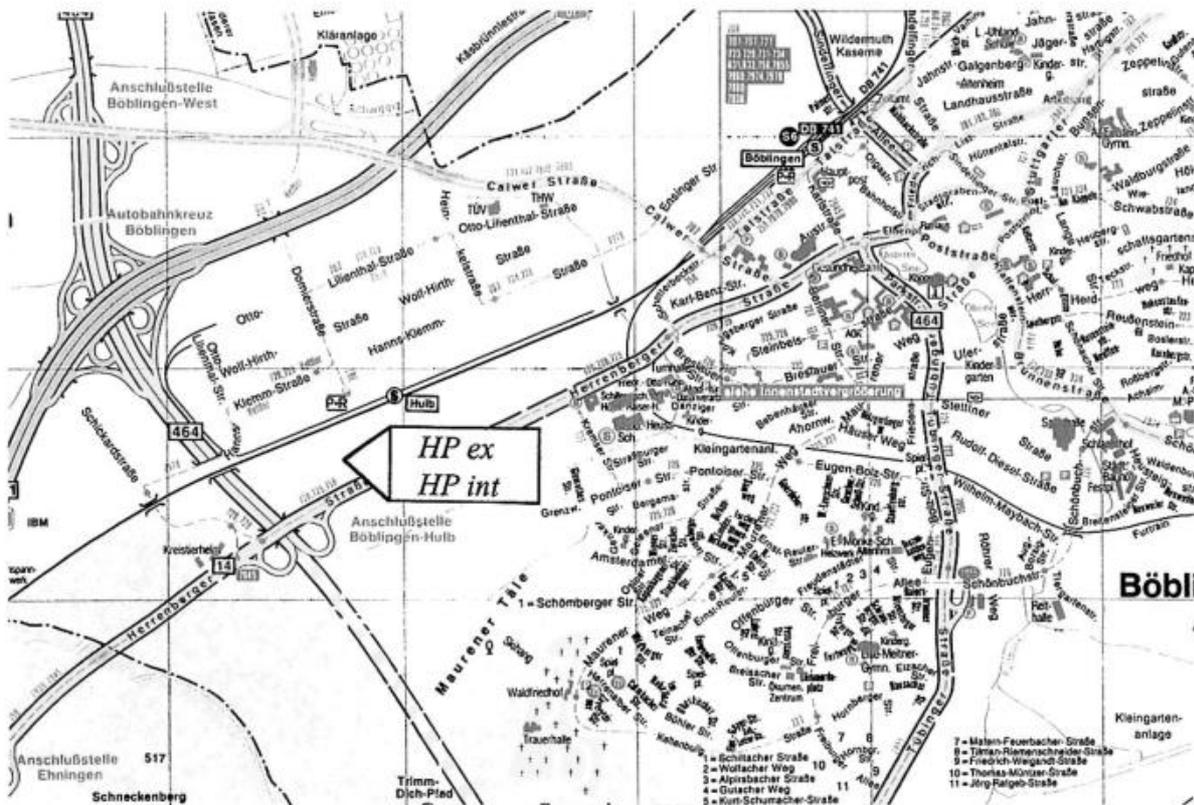


Abb. 5: Lage der Untersuchungsobjekte in Böblingen/Sindelfingen

2.5.2.1 Hewlett-Packard (extensiv) : *HP ex*

Das Dach *HP ex* befindet sich im Industriegebiet "Hulb" am südwestlichen Stadtrand von Böblingen. Das Firmengelände von Hewlett-Packard ist unmittelbar von Straßen, Eisenbahnschienen und weiteren Industriegebäuden umgeben, dahinter folgen in süd- bzw. südwestlicher Richtung bewirtschaftete Felder und Waldgebiete. Es liegt eine extensive Dachbegrünung vor.



Abb. 6: *HP ex* am 25.05.1993

Das Dach bildet den Abschluß zweier miteinander verbundener Büro-Container und liegt frei ohne Anschluß an ein weiteres Gebäude.

Die Dachbegrünung hat u.a. die Funktion, die darunter liegenden Büros im Sommer vor übermäßiger Sonnenbestrahlung zu schützen.

Die Substrattemperatur der Dachbegrünung wird durch die dünne Container-Konstruktion beeinflusst, insbesondere in der kalten Jahreszeit, wenn die Container-Büros geheizt werden. Diese Beeinflussung führt sehr wahrscheinlich zu einer erhöhten Bodentemperatur.



Abb. 7: *HP ex* am 25.05.1993

Daten zu *HP ex* :

Konstruktion: Flachdach
Begrünt: Mai 1990
Grünfläche: 460 m²
Höhe: 8 m
Schichtaufbau: Extensivbegrünung, Aufbau: 5 cm Substrat, Filtervlies, Dränelement Floratec FS 50
pH-Wert: 5,65
Kalkgehalt: 1
Bodenfeuchtigkeitsgehalt: 13 %
Maximale Wasserkapazität: 30,4 %

Temperaturmessung:

	Substrattiefe 5 cm
minimale Temperatur:	0,0 °C
maximale Temperatur:	33,5 °C

Pflegemaßnahmen: keine

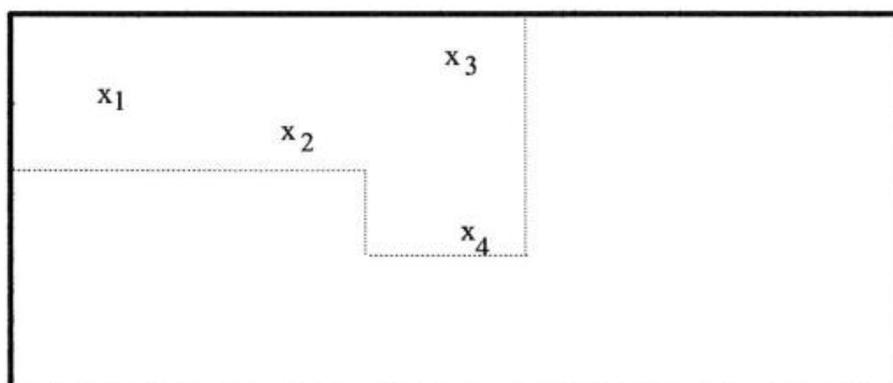


Abb. 8: Lage der Barberfallen X1 - X4 (Aufsicht)

Begrünung HP ex :

Tab. 2: Begrünung HP ex

<u>Vegetation</u>	<u>Deckungsgrad</u>	<u>Blütezeit</u>	<u>Ökologische Ansprüche</u>	<u>Bemerkungen</u>
Krautschicht:				
Corynephorus canescens	+	6-7	neutral-sauer, nährstoffarm, trocken	
Dianthus deltoides	2	6-9	kalkarm, mäßig sauer, trocken-frisch	Tagfalterblume
Dianthus seguieri	2	6-8	mäßig frisch, sauer	
Hieracium pilosella	1	5-10	kalkarm, sauer-mäßig sauer	Magerkeitsz.
Lavandula angustifolia	+	7-8	wärmeliebend, trocken	Bienenblume
Petrorhagia saxifraga	+	6-9	kalkreich, neutral-mild, trocken	Insektenbest.
Saponaria ocymoides	+	5-6	neutral-mild, humusarm	Zierpflanze
Sedum acre	1	6-7	± nährstoff-u.basenreich, trocken	Insektenbest.
Sedum album	1	6-7	nährstoffarm, trocken	Insektenbest.
Sedum floriferum	3	5-7	nährstoffarm	Kaukasus
Sedum reflexum	1	6-8	warm, trocken, kalkfrei	Insektenbest.
Sonchus arvensis	+	7-10	sauer-mild, humos	Insektenbest.
Taraxacum officinalis	+	4-7	neutral-mild, mäßig frisch, ± humus	Bienenweide

Gesamt-Deckungsgrad: 70 %

Verwendete Abkürzungen der Seiten 15, 18, 21, 24 (aus OBERDORFER 1990):

Insektenbest. = Insektenbestäubung

Chrysanthemum leucanth. = Chrysanthemum leucanthemum

Magerkeitsz. = Magerkeitszeiger

2.5.2.2 Krankenhaus : *KH*

Das zweite Untersuchungsobjekt, das Krankenhaus *KH* Sindelfingen, liegt am Stadtrand, größtenteils umgeben von einem kleinen Waldgebiet. Die Begrünungsform ist extensiv mit Anhögelungen.



Abb. 9: *KH* am 24.05.1993.

Es liegen drei gleiche, über einen schmalen Weg miteinander verbundene, begrünte Krankenhausvordächer nebeneinander, von denen eines untersucht wurde.

An diesen Gründächern erhebt sich teilweise das höhere Krankenhausgebäude, so daß in den frühen Morgenstunden (bis etwa 9.00 Uhr) Schatten auf das untersuchte Dach fällt. Nach 9.00 Uhr ist die Fläche schattenlos und windexponiert.

Durch die Anhögelungen wurde die Möglichkeit geschaffen, höherwüchsige Vegetation anzupflanzen (wie z.B. Gehölze).



Abb. 10: *KH* am 24.05.1993

Daten zu **KH** :

Dachkonstruktion: Flachdach

Begrünt: November 1983

Grünfläche: 210 m²:
Extensivfläche: 180 m² Anhöhe: 30 m²

Höhe: 4 m

Schichtaufbau: extensiv mit Anhöhen; Substrattiefe Extensivfläche: 5 cm,
Anhöhen: bis 24 cm
Aufbau: Substrat, Filtermatte, 5 cm Drainage (Blähschiefer)

pH-Wert: Extensivfläche: 6,15 Anhöhe: 6,65

Kalkgehalt: Extensivfläche: 1 Anhöhe: 2-3

Bodenfeuchtigkeitsgehalt: Extensivfläche: 11,6 % Anhöhe: 1,2 %

Maximale Wasserkapazität: Extensivfläche: 40 % Anhöhe: 39,4 %

Temperaturmessung:

	Substrattiefe 7 cm	Substrattiefe 13 cm	Substrattiefe 24 cm
minimale Temperatur:	1,1 °C	1,5 °C	3,3 °C
maximale Temperatur:	22,8 °C	21,1 °C	20,3 °C

Pflegemaßnahmen: Zwei Pflegegänge im Jahr (Rasenmähen im Juni und September)

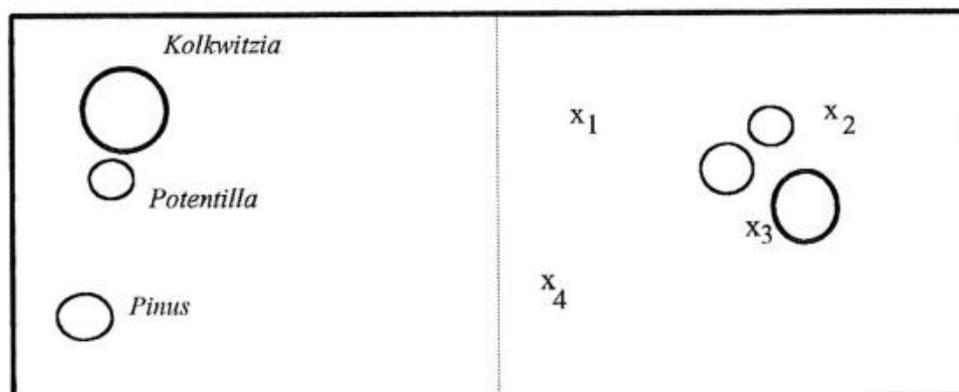


Abb. 11: Lage der Barberfallen X1 - X4 (Aufsicht)

Begrünung KH:

Tab. 3: Begrünung KH

<u>Vegetation</u>	<u>Deckungsgrad</u>	<u>Blütezeit</u>	<u>Ökologische Ansprüche</u>	<u>Bemerkungen</u>
Krautschicht:				
Alchemilla vulgaris	+	5-8	frisch	
Anthyllis vulneraria	1	5-8	sauer-mild, humos, trocken	Hummelblume
Arabidopsis thaliana	+	4-6	mäßig nährstoff-u. basenreich	Insektenbest.
Campanula patula	1	5-7	nährstoffreich, mäßig sauer-mild	Bienenbest.
Campanula rotundifolia	+	6-9	neutral-mäßig sauer, mäßig trocken	Bienenbest.
Centaurea jacea	+	6-10	nährstoff-u. basenreich	Bienenweide
Centaurea scabiosa	+	6-9	mäßig sauer-mild, mäßig trocken	Insektenbest.
Cerastium holosteoides	+	4-10	nährstoffreich, frisch	
Chrysanthemum leucanth.	1	6-10	mäßig frisch, ± nährstoffreich	
Crepis tectorum	+	5-7	nährstoff-u. stickstoffreich	Insektenbest.
Epilobium hirsutum	+	6-9	nährstoffreich	
Festuca ovina	1	5-8	nährstoff-u. basenarm, sauer, trocken	
Geranium dissectum	+	5-9	nährstoff-u. basenreich, frisch	
Geranium pusillum	+	5-9	nährstoffreich, ± humos	Stickstoffzeiger
Hieracium aurantiacum	1	6-8	basenreich, kalkarm, sauer, trocken	
Hieracium pilosella	1	5-10	kalkarm, sauer-mäßig sauer, trocken	Magerkeitsz.
Holcus lanatus	1	6-8	humos, mäßig nährstoffreich, frisch	
Hypericum maculatum	+	7-8	nährstoff-u. basenreich, humos	
Lathyrus vernus	1	4-5	nährstoff-u. basenreich	Hummelblume
Leontodon autumnalis	+	7-9	nährstoff-u. stickstoffreich	
Lotus corniculatus	1	5-8	nährstoff-u. basenreich, ± humos	Bienenweide
Lychnis flos-cuculi	+	5-7	nährstoffreich, mild-sauer, frisch	Falterblume
Plantago major	1	6-10	nährstoffreich, ± humos	
Plantago lanceolata	+	5-9	nährstoffreich	
Prunella grandiflora	+	6-8	basenreich, neutral-mild, m. trocken	Hummelblume
Prunella vulgaris	+	6-9	nährstoffreich, neutral-mild	Insektenbest.
Ranunculus acris	+	5-9	nährstoffreich, frisch, neutral-sauer	Bienenblume
Rumex acetosella	+	5-8	± nährstoffreich, sauer	Magerkeitsz.
Saxifraga granulata	+	3-5	± nährstoffreich, mäßig sauer	Insektenbest.
Sedum album	1	6-7	nährstoffarm, trocken	Insektenbest.
Sedum sexangulare	1	6-7	mäßig nährstoffreich	
Sedum acre	1	6-7	± nährstoffreich, basenreich, trocken	Insektenbest.
Senecio vulgaris	+	2-11	nährstoffreich, ± humos	
Sonchus oleraceus	+	6-10	nährstoff-u. stickstoffreich	Insektenbest.
Stellaria graminea	+	4-6	mäßig nährstoffreich, trocken	Fliegenblume
Taraxacum officinalis	+	4-7	neutral-mild, ± humos, frisch	Bienenweide
Trifolium arvense	+	6-9	kalkarm, mäßig sauer, mäßig trocken	Insektenbest.
Trifolium repens	1	5-9	mäßig sauer-mild, ± humos, frisch	Bienenweide
Trifolium dubium	2	5-9	± nährstoffreich, ± humos, frisch	Insektenbest.
Trifolium aureum	+	6-9	kalk-u. humusarm, mäßig trocken	Insektenbest.
Trifolium pratense	1	6-9	nährstoff-u. basenreich	Hummelbest.
Tussilago farfara	+	2-4	mäßig sauer-mild, humusarm	Insektenbest.
Veronica teucrium	+	6-7	± frisch, ± nährstoffreich	
Vicia cracca	+	6-8	mild-mäßig sauer, humos, frisch	Bienenweide
Vicia sativa	1	5-7	mäßig trocken, ± nährstoffreich	Kulturpflanze
Strauchschicht:				
Juniperus sabina	1	5-6	mild-neutral, trocken	
Kolkwitzia amabilis	2	5-6	± feucht, ± nährstoffreich	
Pinus mugo	1	6-7	neutral-sauer	
Potentilla fruticosa	1	6-8	kalkreich, ± frisch	Zierstrauch

Gesamt-Deckungsgrad: 90 %

2.5.2.3 Kindergarten : KiGa

Das dritte untersuchte Dach, der Kindergarten *KiGa* "Marienbaderweg", befindet sich inmitten eines Wohngebietes im Randbereich der Stadt Sindelfingen.

Der Kindergarten ist umgeben von Hochhäusern und Einfamilienhäusern, dahinter folgen die ersten Wiesen und Felder.

Die Begrünung des Untersuchungsobjektes *KiGa* ist eine Mischung aus extensiver und intensiver Begrünung.



Abb. 12: *KiGa* am 24.05.1993

Der Kindergarten liegt völlig frei, d.h. die Dachfläche wird zu keiner Tageszeit durch umliegende Gebäude beschattet.

Durch die Kombination von extensivem und intensivem Schichtaufbau mit sehr unterschiedlichen Bodentiefen liegt eine Dachbegrünung vor, die verschiedene Vegetationsformen ermöglicht, und somit das größte Angebot an Kleinbiotopen aller untersuchten Dachbegrünungen vorzuweisen hat.



Abb. 13: *KiGa* am 24.05.1993

Daten zu *KiGa* :

<i>Konstruktion:</i>	Flachdach	
<i>Begrünt:</i>	Oktober 1988	
<i>Grünfläche:</i>	530 m ² : Extensiv: 430 m ²	Intensiv: 100 m ²
<i>Höhe:</i>	4 m	
<i>Schichtaufbau:</i>	extensive und intensive Begrünung (mit automatischer Anstaubewässerung); Substrattiefe: Extensiv: 3-5 cm Intensiv: 12 cm Aufbau: Extensiv: Vegetationsmatte, Mineralsubstrat Intensiv: Substrat, Filtervlies, 8 cm Drainage ("Perl")	
<i>pH-Wert:</i>	Extensiv: 7,25	Intensiv: 6,0
<i>Kalkgehalt:</i>	Extensiv: 2	Intensiv: 1
<i>Bodenfeuchtigkeitsgehalt:</i>	Extensiv: 18,9 %	Intensiv: 20,6 %
<i>Maximale Wasserkapazität:</i>	Extensiv: 23,1 %	Intensiv: 42,5 %

Temperaturmessung:

	Substrattiefe 5 cm	Substrattiefe 11 cm
minimale Temperatur:	0,6 °C	1,2 °C
maximale Temperatur:	22,3 °C	21,7 °C

Pflegemaßnahmen: 3-4 Pflegegänge im Jahr (Mähen, "Unkraut" entfernen, Gehölze schneiden)

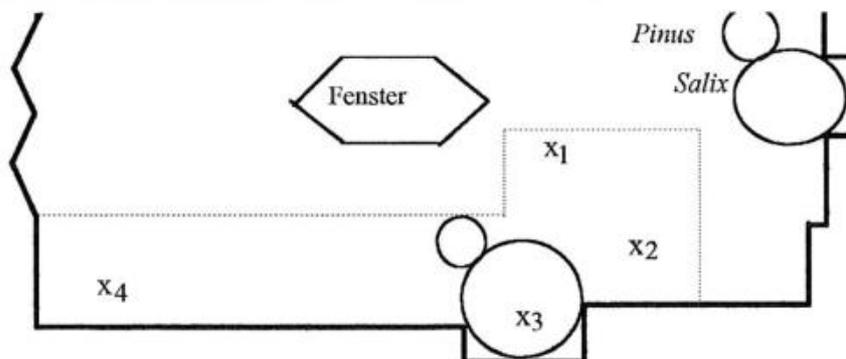


Abb. 14: Lage der Barberfallen X1 - X4 (Aufsicht)

Begrünung KiGa :

Tab. 4: Begrünung KiGa

<u>Vegetation</u>	<u>Deckungs- grad</u>	<u>Blütezeit</u>	<u>Ökologische Ansprüche</u>	<u>Bemerkungen</u>
Krautschicht:				
Achillea millefolium	+	6-10	nährstoffreich, mäßig sauer-mild	Nährstoffzeiger
Achnatherum calamagrostis	+	6-9	trocken, kalkliebend	
Allium schoenoprasum	2	6-8	nährstoffreich, frisch	
Anthemis tinctoria	+	6-9	basenreich, trocken	Bienenbest.
Arenaria serpyllifolia	+	5-9	mäßig frisch, ± nährstoffreich	
Cerastium holosteoides	2	4-10	nährstoffreich, frisch	
Chrysanthemum leucanthem.	1	6-10	mäßig frisch, ± nährstoffreich	
Crepis biennis	+	5-6	humos, nährstoffreich	Bienenbest.
Dianthus carthusianorum	1	6-9	neutral, mäßig kalkreich, trocken	
Epilobium adnatum	+	7-8	feucht frisch, nährstoffreich	
Festuca glauca	1	6-7	nährstoffarm	
Festuca rubra	1	6-7	nährstoff- und basenreich, frisch	
Linum flavum	+	5-7	kalkreich, mild, humos	Insektenbest.
Linum perenne	+	6-8	neutral-mild, humos	Insektenbest.
Parthenocissus quinquefolia	1	7-8	nährstoffreich	Nord-Amerika
Phleum pratense	1	6-8	frisch, nährstoffreich	
Plantago major	+	6-10	nährstoffreich, ± humos	
Rumex obtusifolius	+	6-8	nährstoffreich, neutral-mild	N-Zeiger
Sedum reflexum	1	6-8	basenreich, ± humos	Insektenbest.
Sedum acre	1	6-7	trocken, ± nährstoffreich	Insektenbest.
Sedum floriferum	1	6-8	nährstoffarm, trocken	Kaukasus
Sedum album	1	6-7	nährstoffarm, trocken	Insektenbest.
Senecio erucifolius	+	8-10	neutral-mild, humos	Insektenbest.
Sonchus arvensis	+	7-10	sauer-mild, humos, mäßig frisch	Insektenbest.
Sonchus asper	+	6-10	nährstoffreich, neutral-mild	Insektenbest.
Taraxacum officinalis	+	4-7	neutral-mild, ± humos	Bienenweide
Trifolium dubium	1	5-9	± nährstoffreich, ± humos, frisch	Insektenbest.
Trifolium pratense	2	6-9	nährstoff- und basenreich, frisch	Hummelbest.
Trifolium hybridum	2	5-9	feucht, nährstoff- und basenreich	Insektenbest.
Trifolium repens	3	5-9	mäßig sauer-mild, ± humos, frisch	Bienenweide
Tussilago farfara	+	2-4	mäßig sauer-mild, humusarm	Insektenbest.
Vicia sepium	+	5-8	nährstoff- und basenreich, frisch	Insektenbest.
Vicia sativa	+	5-7	mäßig frisch	Kulturpflanze
Vicia tetrasperma	1	6-7	mäßig frisch, ± nährstoffreich	
Strauchschicht:				
Pinus mugo	1	6-7	neutral-sauer	
Potentilla fruticosa	+	6-8	kalkreich, ± frisch	Zierstrauch
Salix purpurea	1	4-5	naß, nährstoffreich	

Gesamt-Deckungsgrad: 95 %

2.5.2.4 Hewlett-Packard (intensiv) : *HP int*

Die vierte näher untersuchte Dachbegrünung, *HP int*, befindet sich ebenfalls (vgl. *HP ex*) auf einem Gebäude der Firma Hewlett-Packard im Industriegebiet Böblingen-Hulb.

Das Dach weist eine rein intensive Begrünung auf.



Abb. 15: *HP int* am 24.05.1993

Die untersuchte Fläche *HP int* ist nur ein mit Randelementen abgegrenzter Teil eines größeren unbewachsenen Kiesdaches. Die Gesamtdachfläche hat etwa eine Größe von 800 m², die begrünte Fläche nimmt davon 96 m² ein. Untersucht wurde nur die begrünte Dachfläche.

HP int und *HP ex* sind nur durch das höhere Hauptgebäude voneinander getrennt, die Entfernung beträgt etwa 200 m Luftlinie. Beide Objekte befinden sich (vgl. 2.5.2.1) am Stadtrand, unmittelbar umgeben von Straßen und Gebäuden, etwa 100 m entfernt von bewirtschafteten Wiesen und Feldern.

Die Dachfläche ist frei von Schatten anderer Gebäude und dem Wind ungeschützt ausgesetzt. Auf diesem Dach befindet sich die höchste Vegetation, wie z.B. Gehölze mit einer Höhe von bis zu zwei Metern.



Abb. 16: *HP int* am 24.05.1993

Daten zu *HP int* :

<i>Konstruktion:</i>	Flachdach
<i>Begrünt:</i>	Mai 1986
<i>Grünfläche:</i>	96 m ²
<i>Höhe:</i>	8 m
<i>Schichtaufbau:</i>	Intensivbegrünung; Aufbau: 21 cm Substrat, Filtervlies, 12 cm Drainage (Blähschiefer)
<i>pH-Wert:</i>	5,65
<i>Kalkgehalt:</i>	1
<i>Bodenfeuchtigkeitsgehalt:</i>	2,4 %
<i>Maximale Wasserkapazität:</i>	34,8 %

Temperaturmessung:

	Substrattiefe 5 cm	Substrattiefe 13 cm	Substrattiefe 20 cm
minimale Temperatur:	0,2 °C	2,2 °C	3,0 °C
maximale Temperatur:	22,7 °C	20,6 °C	20,4 °C

Pflegemaßnahmen: normalerweise keine Pflege, 1993 allerdings Entfernen von Fremdbewuchs ("Unkraut")

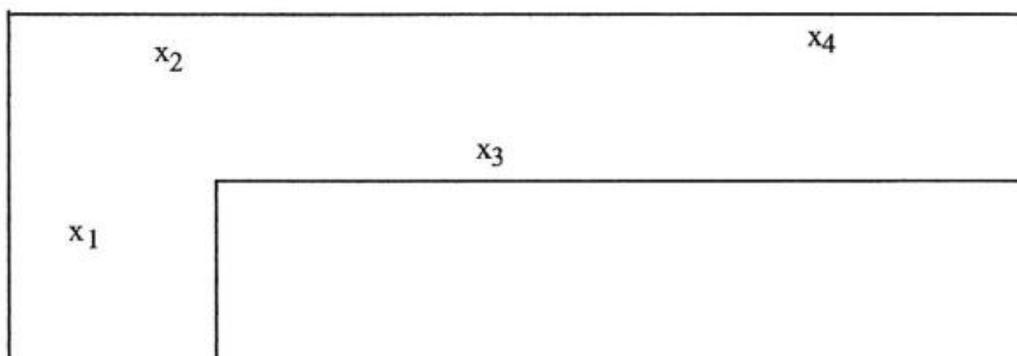


Abb. 17: Lage der Barberfallen X1 - X4 (Aufsicht)

Begrünung *HP int* :

Tab. 5: Begrünung *HP int*

<u>Vegetation</u>	<u>Deckungs- grad</u>	<u>Blütezeit</u>	<u>Ökologische Ansprüche</u>	<u>Bemerkungen</u>
Krautschicht:				
Achnatherum calamagrostis	1	6-9	trocken, kalkliebend	
Epilobium hirsutum	+	6-9	nährstoffreich	Insektenbest.
Euonymus fortunei	2	5	± frisch	
Euphorbia epithymoides	1	5-7	mäßig trocken, mäßig kalkreich	Zierpflanze
Festuca mairei	1	5-7	nährstoffreich	
Geranium sanguineum	1	6-8	trocken, mäßig sauer-mild, humos	Insektenbest.
Hedera helix	1	9-11	mild-mäßig sauer	
Jasminum nudiflorum	1	12-1	nährstoffarm, humos, ± feucht	China
Lavandula angustifolia	1	7-8	wärmeliebend, trocken	Bienenblume
Linum flavum	1	5-7	kalkreich, mild, humos, trocken	Insektenbest.
Linum perenne	1	6-8	neutral-mild, humos	Insektenbest.
Lotus corniculatus	+	5-8	nährstoff- und basenreich, ± humos	Bienenweide
Miscanthus sinensis	1	9-10	± nährstoffreich	Ziergras
Parthenocissus tricuspidata	+	7-8	nährstoffreich	Japan
Poa annua	1	1-12	nährstoff- und stickstoffreich	
Sedum telephium	1	7-9	± nährstoff- und basenreich	
Sedum album	2	6-7	trocken, nährstoffarm	Insektenbest.
Sonchus asper	+	6-10	nährstoffreich, neutral-mild	Insektenbest.
Sorbus intermedia	+	5-6	± feucht	Ostseeraum
Taraxacum officinalis	+	4-7	neutral-mild, ± humos, mäßig frisch	Bienenweide
Thymus serpyllum	+	6-10	trocken, kalkarm, neutral, humos	
Strauchschicht:				
Amelanchier laevis	1	4-5	frisch, kalkig	Nord-Amerika
Buddleja alternifolia	1	6	± trocken, ± kalkig	China
Cedrus atlantica	1	4	kalkig	
Chaenomeles japonica	1	4	feucht, nährstoffreich	Japan
Cotoneaster dielsianus	2	4-6	± feucht, ± nährstoffreich	Zierpflanze
Crataegus lavalleyi	1	5-6	± kalk	Zierpflanze
Pinus sylvestris	1	5	sauer, nährstoffarm	
Potentilla fruticosa	2	6-8	kalkreich, ± frisch	Zierstrauch
Prunus laurocerasus	1	4-5	schattig, humos	Kaukasus
Rosa rugotida	1	5-7	kalk, nährstoffreich	
Rosa pimpinellifolia	1	5-6	basenreich, neutral-mild, trocken	Bienenweide
Stephanandra incisa	2	6-7	± trocken	

Gesamt-Deckungsgrad: 90 %

2.5.2.5. Übersicht der Untersuchungsobjekte

Tab. 6: Zusammenfassende Übersicht der Untersuchungsobjekte im Vergleich

Objekt	Begrünungsform	Alter [Jahre] (Stichtag 31.12.93)	Flächengröße [m ²]	Bestandsbildende bzw. auffallende Vegetation	Deckungsgrad gesamt [%]	Substrattiefe [cm]	Bodentemperatur am tiefsten Punkt [°C] Min./Max.
HP ex	extensiv	3,5	460	Sedum floriferum Dianthus deltoides Dianthus seguieri Sedum acre Sedum album Sedum reflexum	70	5	0 / 33,5
KH	extensiv mit Anhögelung	10	210	Trifolium dubium Kolkwitzia amabilis Campanula patula Pinus mugo Festuca ovina Trifolium repens Sedum acre	90	24	1,1 / 22,8
KiGa	extensiv/intensiv	5,25	530	Allium schoenoprasum Cerastium holosteooides Salix purpurea Pinus mugo Trifolium repens Trifolium pratense Trifolium hybridum Phleum pratense	95	12	0,6 / 22,3
HP int.	intensiv	7,5	96	Cotoneaster dielsianus Euonymus fortunei Potentilla fruticosa Sedum album Stephanandra incisa Miscanthus sinensis Prunus laurocerasus	90	20	0,2 / 22,7

3. Ergebnisse

3.1 Quantitativ (Auswertung der Bodenfallenfänge)

3.1.1 *Arthropoda*, *Oligochaeta* und *Gastropoda*

Aus der Vielzahl an gefangenen Taxa wurden nur einige Tiergruppen ausgezählt: *Arthropoda* mit *Coleoptera* (Käfer), *Auchenorrhyncha* (Zikaden), *Dermaptera* (Ohrwürmer), *Formicoidea* (Ameisen), *Myriapoda* (Tausendfüßer), *Isopoda* (Asseln) und *Araneae* (Spinnen), *Oligochaeta* (Wenigborster) und *Gastropoda* (Schnecken). Nicht ausgezählt wurde die durchgängig hohe Anzahl an *Collembola* (Springschwänze) und *Oribatidae* (Hornmilben).

Die nachfolgende Tabelle 7 gibt eine Übersicht der Tiergruppen, die Abbildung 18 verdeutlicht die prozentuale Aufteilung der Tiergruppen für jedes untersuchte Dach.

Tab. 7: Aktivitätsdichte der erfaßten Tiergruppen (pro 4 Fallen x 180 Tage)

	<i>HP ex</i>	<i>KH</i>	<i>KiGa</i>	<i>HP int</i>		Summe:
<i>Coleoptera</i>	96	235	874	891		2.096
<i>Auchenorrhyncha</i>	22	273	1.858	106		2.259
<i>Dermaptera</i>	0	0	0	284		284
<i>Formicoidea</i>	35	1.069	387	1.787		3.278
<i>Myriapoda</i>	0	0	30	52		82
<i>Isopoda</i>	0	0	87	15.543		15.630
<i>Araneae</i>	114	272	523	284		1.193
<i>Oligochaeta</i>	0	0	66	5		71
<i>Gastropoda</i>	0	34	1.495	60		1.589
Summe:	267	1.883	5.320	19.012		26.482

Die *Chilopoda* und *Diplopoda* werden unter *Myriapoda* zusammengefaßt, wobei die Schwerpunkte aller gefangenen *Myriapoda* bei den *Diplopoda* (Doppelfüßer) lagen.

Die *Gastropoda* gliedern sich in Nackt- und Gehäuseschnecken auf. Die Mehrzahl der erfaßten Schnecken bestand aus Nacktschnecken, jedoch kamen Gehäuseschnecken bis zur Größe von *Arianta spec.* (Hainschnirkelschnecke) vor.

Biologie der erfaßten Tiergruppen (nach TOPP 1981, TROLLENIER 1971 und
KLAUSNITZER 1989):

- Coleoptera*: Die Ordnung *Coleoptera* ist sehr vielfältig und läßt keine Verallgemeinerung zu. Die Ernährungsformen sind u.a. phyto-, zoo- und saprophag. Auf Seite 30 werden die Familien *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Elateridae* und *Curculionidae* hinsichtlich ihrer Ernährungsweise charakterisiert.
- Auchenorrhyncha*: Die Zikaden sind reine Pflanzensaftsauger, wobei sich die meisten Arten poly- oder oligophag von Gräsern ernähren. Sonst sind die mikroklimatischen Bedingungen von größerer Bedeutung als bestimmte Wirtspflanzen (EMMERICH 1966). Die meisten Arten verbringen ihren gesamten Entwicklungszyklus in der Krautschicht und weisen eine geringe Mobilität auf.
- Dermaptera*: Ohrwürmer sind phytophag und ernähren sich überwiegend von Pflanzenteilen.
- Formicoidea*: Ameisen sind als "Pioniere" auf jedem begrünten Dach zu finden, sowohl in geflügelten als auch in ungeflügelten Stadien. Ist das Substrat etwas höher und feuchter werden Bauten angelegt und somit u.a. auch der Boden gelockert und umgelagert. Ameisen ernähren sich überwiegend von anderen Insekten.
- Myriapoda*: Die eher feuchtigkeitsliebenden *Myriapoda* werden in *Chilopoda* (Hundertfüßer) und *Diplopoda* (Doppelfüßer) eingeteilt. Hundertfüßer und Doppelfüßer haben unterschiedliche Ernährungsweisen: die *Chilopoda* leben räuberisch von Insekten, Enchyträen und Regenwürmern; die *Diplopoda* ernähren sich hauptsächlich von Fallaub, das in Zersetzung übergeht und sind wichtig als Bodenaufbereiter für Folgezersetzer.
- Isopoda*: Asseln bevorzugen eine feuchte Umgebung und sind empfindlich gegen Austrocknung. In sauren und kalkarmen Böden sollen sie nicht anzutreffen sein, da sie Calcium für die Kalkinkrustation ihrer Haut benötigen. Asseln ernähren sich saprophag von Algen, Pilzen, Moosen, Fallaub und Holzresten.
- Araneae*: Spinnen leben ausschließlich räuberisch mit unterschiedlichen Beutefangstrategien. Weiterhin haben *Araneae* zumindest im Jugendstadium die Möglichkeit, sich mit ihrem Spinnfaden aeronautisch per Windverfrachtung fortzubewegen. Deswegen sind auch schwer zugängliche Biotope, wie z.B. Dächer, für Spinnen erreichbar. Es besteht nach HEYDEMANN (1956) und SCHÄFER (1970) eine Beziehung zwischen Vegetationszusammensetzung (Raumstruktur) und Spinnenzönose.
- Oligochaeta*: "Würmer" ernähren sich saprophag und sind durch ihre Exkrememente (Ton-Humus-Komplexe) wichtige Bodenverbesserer. Feuchtigkeit und Temperatur sind die begrenzenden Lebensfaktoren, wobei schon Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt und ab 28° C bei *Lumbricus terrestris* tödlich sein können (TROLLENIER 1981). Oligochaeten benötigen folglich immer Rückzugsflächen, um überleben zu können.
- Gastropoda*: Die Ernährungsweise der Schnecken ist saprophag. Es werden feuchte und bei den Gehäuseschnecken kalkreiche Lebensräume bevorzugt.

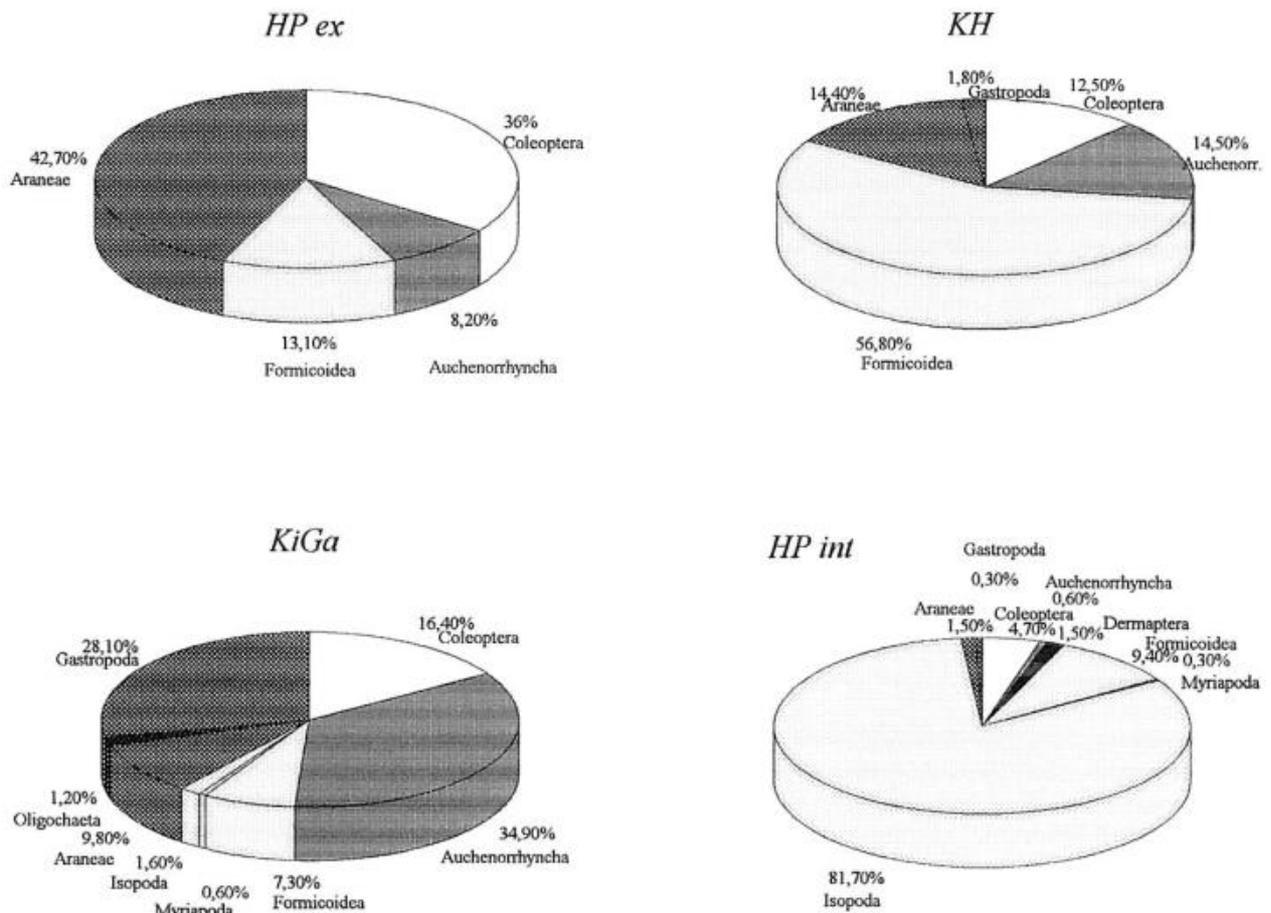


Abb. 18: Dominanzstruktur verschiedener *Arthropoda*-Taxa, *Oligochaeta* und *Gastropoda* der untersuchten Dächer

Die Anzahl der Tiergruppen steigt mit zunehmender Substratstärke von *HP ex* über *KH* und *KiGa* zu *HP int*, wobei die feuchtigkeitsliebenden Taxa wie *Gastropoda*, *Oligochaeta* und *Isopoda* bei *HP ex* völlig und bei *KH* teilweise fehlen bzw. nicht nachgewiesen werden konnten.

Bei *HP int* überwiegen die *Isopoda* so stark, daß z.B. *Oligochaeta* mit 5 Individuen = 0,03 % in dieser Art der Darstellung nicht mehr erfaßt werden können. Oft wurden mehrere Tausend Asseln mit einer Bodenfalle innerhalb von 14 Tagen gefangen.

Nach TOPP (1971) sind auf isoliert gelegenen Ruderalflächen hohe Individuenzahlen einer Asselart anzutreffen.

Auffällig auch der hohe Anteil an *Gastropoda* beim Dach *KiGa*, was auf ein wenigstens stellenweise feuchtes Biotop schließen läßt.

Betrachtet man die *Araneae*, so zeigt sich, daß der prozentuale Anteil der Spinnen an allen gefangenen Tieren von *HP ex* über *KH* und *KiGa* zu *HP int* abnimmt. Dies könnte im Zusammenhang mit der steigenden Vegetationshöhe von extensiv zu intensiv und der damit eingeschränkten Erfassbarkeit mancher Spinnen durch die Bodenfallen oder durch ständige Zufuhr von außen stehen, da die *Araneae* als Aeronauten am ehesten zuwandern können. Dagegen müssen beispielsweise die *Myriapoda*, *Gastropoda* und *Isopoda* schon länger im Boden vorhanden sein, da ein kurzfristiger Import einer größeren Individuenzahl nicht möglich ist. Die Aktivitätsdichte der *Araneae* ist bei *KH* und *HP int* annähernd gleich groß, wobei sich das nicht in der prozentualen Darstellung ausdrückt, da es bei *HP int* dominantere Tiergruppen gibt und sich die Zoozönose anders verteilt.

Bei den extensiv begrünten Objekten *HP ex* und *KH* überwiegen Tiergruppen, die die Dächer auch kurzfristig erreichen und besiedeln können, d.h. es sind Taxa, die mobil sind. Die Vagilität ist durch Flügel (*Coleoptera* usw.) bzw. Fadensegel (*Araneae*) gegeben. Die Zusammensetzung der Tiergemeinschaft ändert sich dann von extensiver zu intensiver Begrünung (*KiGa*, *HP int*) in der Weise, daß sich bei Intensivbegrünungen relativ unmobile Taxa einstellen und eine dominierende Stellung einnehmen können (z.B. *Gastropoda*, *Oligochaeta*, *Isopoda*).

Die erfaßten *Coleoptera* wurden in die Familien *Carabidae*, *Elateridae*, *Staphylinidae* und *Curculionidae* eingeteilt (Tab. 8):

Tab. 8: Aktivitätsdichte der *Coleoptera* (pro 4 Fallen x 180 Tage)

	<i>HP ex</i>	<i>KH</i>	<i>KiGa</i>	<i>HP int</i>	Summe:
<i>Carabidae</i>	29	121	443	315	908
<i>Staphylinidae</i>	14	26	80	62	182
<i>Curculionidae</i>	0	58	220	397	675
<i>Elateridae</i>	1	3	6	50	60
Sonstige	52	27	125	67	271
Summe Coleoptera:	96	235	874	891	2096

Die *Carabidae* sind mit 908 Individuen und 43,3 % am Gesamtanteil aller gefangenen *Coleoptera* die dominierende Käferfamilie. Die Dominanzstruktur der Käferfamilien stellt sich wie folgt dar (Abb. 19):

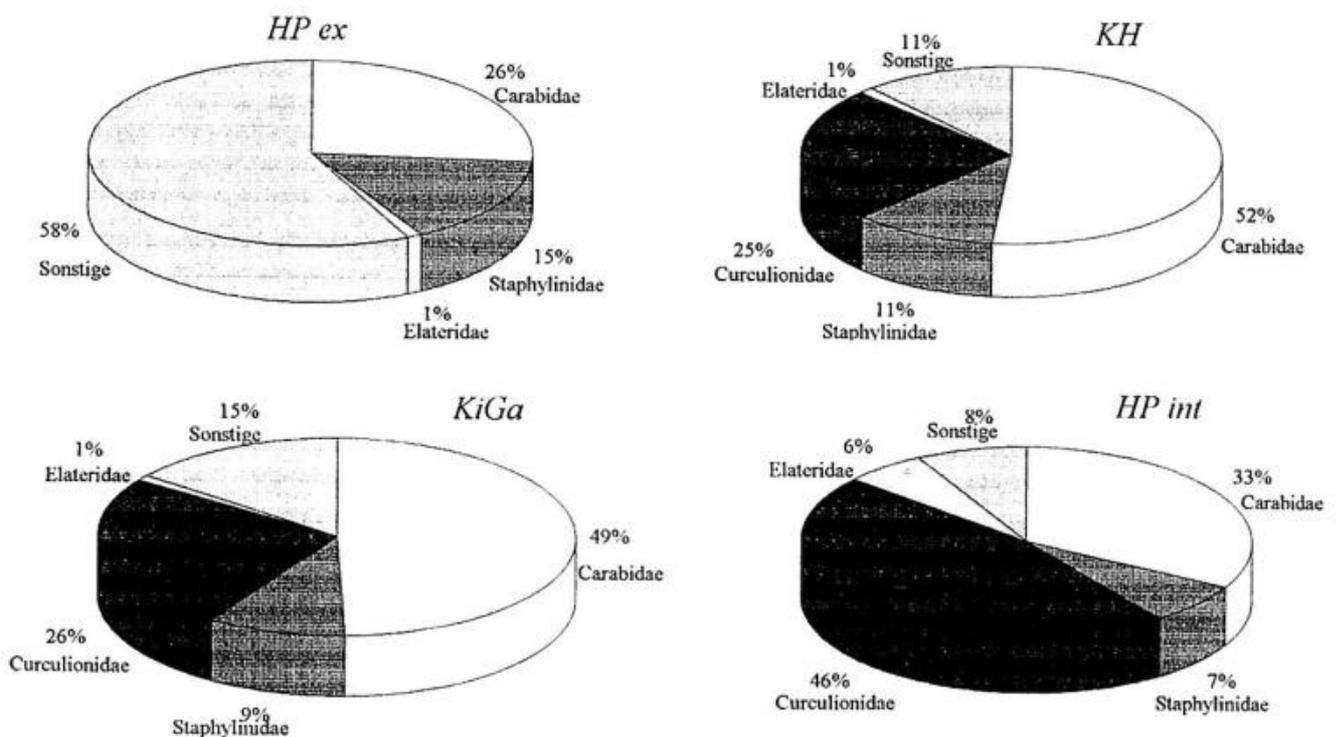


Abb. 19: Dominanzstrukturen der *Coleoptera* aller vier Dächer

Vergleicht man die untersuchten Dächer miteinander, so zeigt sich, daß *KH* (extensiv mit Anhögelung) und *KiGa* (extensiv/intensiv) eine sehr ähnliche prozentuale Verteilung der Käferfamilien aufweisen. Es fallen die hohen Anteile an *Curculionidae* bei *HP int* und *Carabidae* bei *KH* und *KiGa* auf. Die Familie *Curculionidae* konnte bei *HP ex* nicht nachgewiesen werden.

Die Ernährungsweise der erfaßten *Coleoptera*-Familien läßt sich nach KOCH (1989) folgendermaßen einordnen:

- Carabidae*: Vorwiegend zoophag. Teilweise besteht die Nahrung auch aus Aas und Pflanzenteilen. Die Gattungen *Harpalus* und *Amara* ernähren sich phytophag u.a. von Samen.
- Staphylinidae*: Der größte Teil der Arten lebt räuberisch.
- Elateridae*: Zoophag (Insekten in Holz und Mulm) und phytophag (Wurzeln, Sproßteile usw.)
- Curculionidae*: Phytophag. Die Imagines der meisten Arten ernähren sich von oberirdischen Pflanzenteilen, die Larven leben oft im Innern der Pflanzen. Zu den Curculioniden gehört auch der Gartenschädling *Otiorhynchus sulcatus* (Dickmaulrüßler).

3.1.2 *Carabidae*

3.1.2.1 Phänologie

Im Zeitraum vom 06.04. bis zum 21.09.1993 wurden insgesamt in den Bodenfallen aller vier untersuchten Dächern 908 *Carabidae* aus 18 Arten gefangen.

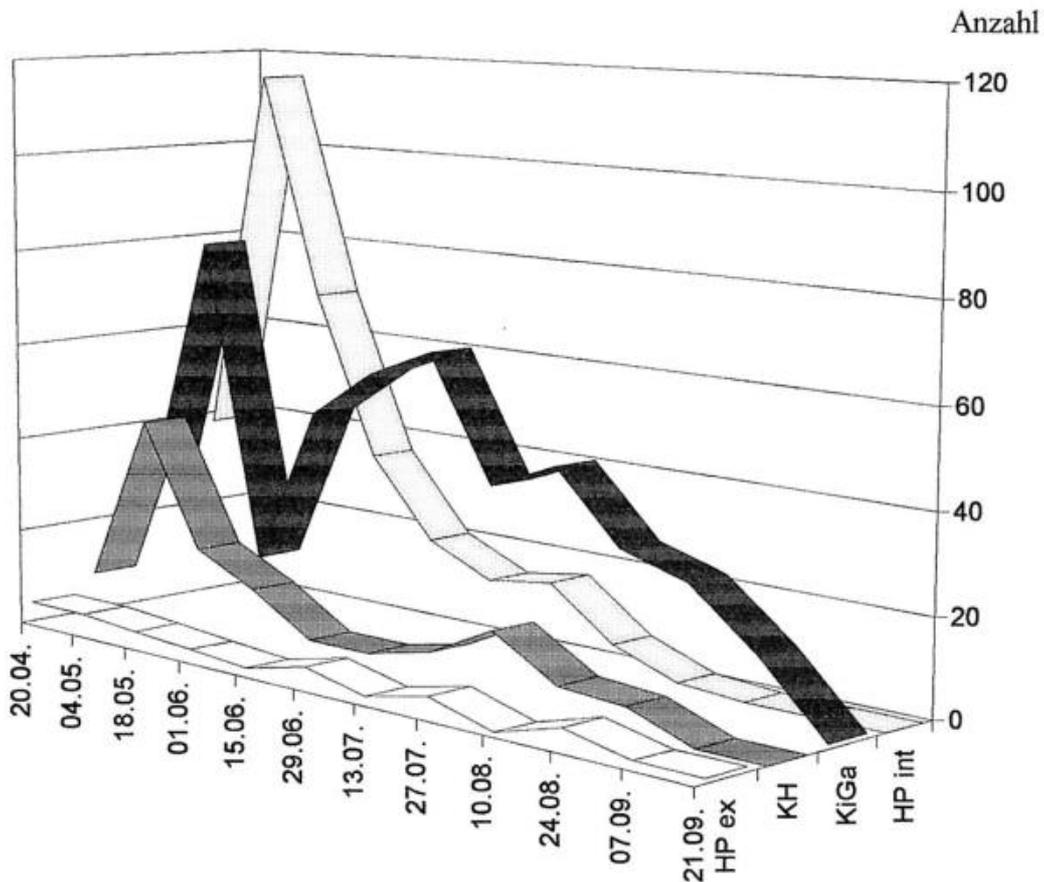


Abb. 20: Phänologie der *Carabidae* im Vergleich

Bei allen vier Dächern ergaben sich Spitzenwerte in der zweiten Fangperiode (04.05.1993) und nachfolgend mehr oder weniger sinkende Fangergebnisse (Abb. 20). *HP ex* und *KH* hatten insgesamt eine geringere Aktivitätsdichte und *HP int* wurde offenbar durch Bodenfallen kontinuierlich "leergefangen". Dagegen konnte *KiGa* einen relativ stabilen Zustand halten.

3.1.2.2 Artenliste

In der nachfolgenden Tabelle 9 werden alle *Carabidae* aufgelistet, die im Untersuchungszeitraum mit Bodenfallen gefangen wurden. Die ökologischen Daten stammen aus KOCH (1989).

Tab. 9: Artenliste *Carabidae* (Zusammenfassung aller Dächer)

<u>Art</u>		<u>Biotopansprüche</u>	<u>Habitat</u>	<u>Mobilität</u>
<i>Agonum mülleri</i>	(Herbst 1785)	eury., hygro., helio., phytodetriticol	feuchte Waldränder, Ufer	m
<i>Agonum sexpunctatum</i>	(Linne 1758)	eury., schwach hygro.	mäßig feuchte Ruderalstellen, Ufer, Feld	m
<i>Amara aenea</i>	(Degeer 1774)	eury., helio., xero.	Sandgebiete, Ruderalflächen	m
<i>Amara communis</i>	(Panzer 1797)	eury., schwach hygro., praticol	Wiesen, Moore, Feldraine	m
<i>Amara familiaris</i>	(Duftschmid 1812)	eury., xero.	Ruderalflächen, Waldränder	m
<i>Amara lunicollis</i>	(Schiodte 1837)	eury., xero.	Ruderalflächen, Moore, Gärten	m
<i>Amara ovata</i>	(Fabricius 1792)	eury., xero.	Trockenhänge, Ruderalflächen	m
<i>Acupalpus flavicollis</i>	(Sturm 1825)	eury., hygro., paludicol	Sümpfe, Moore	m
<i>Anisodactylus binotatus</i>	(Fabricius 1787)	eury., hygro., phytodetriticol	Ruderalflächen, Waldränder	m
<i>Badister bullatus</i>	(Fabricius 1775)	eury., schwach hygro.	Ruderalflächen, Flußauen, Trockenrasen	m
<i>Bembidion quadripustulatum</i>	(Linne 1761)	steno., hygro., ripicol	Moore, Kiesgruben	m
<i>Harpalus rubripes</i>	(Duftschmid 1812)	eury., xero.	Trockenhänge, trockene Äcker	m
<i>Poecilus cupreus</i>	(Linne 1758)	eury., hygro., campicol	lehmige Feuchtwiesen, feuchte Wälder	m
<i>Poecilus versicolor</i>	(Sturm 1824)	eury., helio., praticol	Wiesen, Äcker, Ruderalflächen	m
<i>Pterostichus nigrita</i>	(Payhull 1790)	eury., hygro., paludicol	nasse Wiesen, feuchte Wälder, Sümpfe	m
<i>Pterostichus strenuus</i>	(Panzer 1797)	Ubiquist, hygro., phytodetriticol	Äcker, Wiesen	m
<i>Pterostichus vernalis</i>	(Panzer 1796)	eury., hygro., phytodetriticol	Äcker, Wiesen, Ruderalflächen	d
<i>Trechus quadristriatus</i>	(Schränk 1781)	eury., synanthrop, phytodetriticol	feuchte Ruderalflächen, Gärten, Wälder	m

Abkürzungen: eury. = eurytop, steno. = stenotop,
xero. = xerophil, hygro. = hygrophil, helio. = heliophil
m = macropter, d = dimorph

3.1.2.3 Aktivitätsdichte

Tab. 10: Aktivitätsdichte der *Carabidae* aller untersuchten Objekte (pro vier Fallen x 180 Tage)

	<u>HP ex</u>	<u>KH</u>	<u>KiGa</u>	<u>HP int</u>		<u>Summe</u>
Agonum mülleri	0	0	6	0		6
Agonum sexpunctatum	0	0	102	0		102
Amara aenea	20	42	31	58		151
Amara communis	0	0	92	0		92
Amara familiaris	0	0	4	0		4
Amara lunicollis	0	1	31	0		32
Amara ovata	0	0	2	253		255
Acupalpus flavicollis	0	0	13	0		13
Anisodactylus binotatus	0	0	22	2		24
Badister bullatus	0	0	1	0		1
Bembidion quadripustulatum	5	0	1	1		7
Harpalus rubripes	0	78	9	1		88
Poecilus cupreus	0	0	1	0		1
Poecilus versicolor	0	0	60	0		60
Pterostichus nigrita	0	0	33	0		33
Pterostichus strenuus	0	0	8	0		8
Pterostichus vernalis	0	0	27	0		27
Trechus quadristriatus	4	0	0	0		4
<u>Summe</u>	29	121	443	315		908

Auf *HP ex* und *KH* wurden jeweils drei Laufkäferarten, auf *KiGa* 17 Arten und auf *HP int* fünf Arten mit Bodenfallen gefangen.

Betrachtet man alle vier Dachbegrünungen, so machen die Arten *Agonum sexpunctatum*, *Amara aenea* und *Amara ovata* 56 % aller gefangenen Carabiden aus. Allein *Amara ovata* stellt mit 255 Individuen 28 % aller Laufkäfer.

Amara aenea konnte als einzigste Art auf allen vier Dächern nachgewiesen werden.

Alle erfaßten Arten, außer *Bembidion quadripustulatum*, sind eurytop mit weiter ökologischer Amplitude und geringen Habitatsansprüchen. Bei *HP ex* dominiert die xerophile Art *Amara aenea*, wobei hier überraschend mit *Bembidion quadripustulatum* und *Trechus quadristriatus* zwei eher hygrophile Arten in geringer Individuenzahl auftraten. Die drei Laufkäferarten auf *KH* sind durchgängig xerophile Arten. Beim Dach *KiGa* sind sowohl xero- als auch hygrophile Arten vertreten, wobei sich der Schwerpunkt mehr zu den feuchtigkeitsliebenden Arten (z.B. *Agonum sexpunctatum*, *Amara communis*, *Pterostichus nigrita*) verlagert. *HP int* beherbergte fast ausschließlich xerophile Arten (*Amara aenea* und *Amara ovata*).

3.1.2.4 Dominanzstruktur und Dominanzindex

Die Dominanzverhältnisse der *Carabidae* werden für die vier untersuchten Dächer einzeln aufgeführt.

Die Dominanz beschreibt die prozentuale relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu der Gesamtindividuenzahl aller Arten (SCHWERTFEGER 1975, MÜHLENBERG 1989).

Die Formel für die Dominanz D lautet:

$$D = \frac{N_i}{N_T} \times 100 \quad [\%]; \quad N_i = \text{Individuenzahl der Art } i$$
$$N_T = \text{Gesamtindividuenzahl aller Arten}$$

Als Dominanzstruktur bezeichnet man die Aufeinanderfolge von der häufigsten bis zur seltensten Art.

Der Dominanzindex (Berger-Parker-Index) verdeutlicht den Anteil der häufigsten Art an der Gesamtzahl und setzt diese Art in Beziehung zu den anderen Arten.

$$\text{Dominanzindex } d = \frac{N_{\max}}{N_T} \quad N_{\max} = \text{Individuenzahl der häufigsten Art}$$
$$N_T = \text{Gesamtindividuenzahl aller Arten}$$

Mit dem Dominanzindex lassen sich Superdominanzen (> 32 %) graphisch verdeutlichen.

Verschiedene Autoren schlagen unterschiedliche Einteilungen der Dominanzen vor. Nach HEYDEMANN (1953) sind Arten mit mehr als 5 % relativer Häufigkeit dominant, ENGELMANN (1978) schlägt dagegen eine logarithmische Einteilung für die Klassenbildung vor. In dieser Arbeit erfolgt die Klassenbildung nach ENGELMANN (1978):

eudominant: 32,0 - 100 %
dominant: 10,0 - 31,9 %
subdominant: 3,2 - 9,9 %

rezedent: 1,0 - 3,1 %
subrezedent: 0,32 - 0,99 %
sporadisch: < 0,32 %

Auf der folgenden Seite werden die Dominanzverhältnisse, auf der übernächsten Seite die Dominanzindizes von *HP ex*, *KH*, *KiGa* und *HP int* in Tabellenform und graphisch dargestellt.

Tab. 11: Dominanzverhältnisse der *Carabidae* aller untersuchten Dächer

HP ex

<u>Art</u>	<u>rel. Häufigkeit</u> [%]	<u>Dominanz-</u> <u>klasse</u>
Amara aenea	68,9	eudominant
Bembidion quadripustulatum	17,2	dominant
Trechus quadristriatus	13,9	dominant

KH

<u>Art</u>	<u>rel. Häufigkeit</u> [%]	<u>Dominanz-</u> <u>klasse</u>
Harpalus rubripes	64,5	eudominant
Amara aenea	34,7	eudominant
Amara lunicollis	0,8	subrezedent

KiGa

<u>Art</u>	<u>rel. Häufigkeit</u> [%]	<u>Dominanz-</u> <u>klasse</u>
Agonum sexpunctatum	23,1	dominant
Amara communis	20,8	dominant
Poecilus versicolor	13,6	dominant
Pterostichus nigrita	7,5	subdominant
Amara aenea	6,9	subdominant
Amara lunicollis	6,9	subdominant
Pterostichus vernalis	6,1	subdominant
Anisodactylus binotatus	4,9	subdominant
Acupalpus flavicollis	2,9	rezedent
Harpalus rubripes	2,1	rezedent
Pterostichus strenuus	1,8	rezedent
Agonum mülleri	1,4	rezedent
Amara familiaris	0,9	subrezedent
Amara ovata	0,5	subrezedent
Badister bullatus	0,2	sporadisch
Bembidion quadripustulatum	0,2	sporadisch
Poecilus cupreus	0,2	sporadisch

HP int

<u>Art</u>	<u>rel. Häufigkeit</u> [%]	<u>Dominanz-</u> <u>klasse</u>
Amara ovata	80,4	eudominant
Amara aenea	18,4	dominant
Anisodactylus binotatus	0,6	subrezedent
Bembidion quadripustulatum	0,3	sporadisch
Harpalus rubripes	0,3	sporadisch

Dominanzindizes d der untersuchten Dächer:

HP ex: d = 0,69
KH: d = 0,64
KiGa: d = 0,23
HP int: d = 0,80

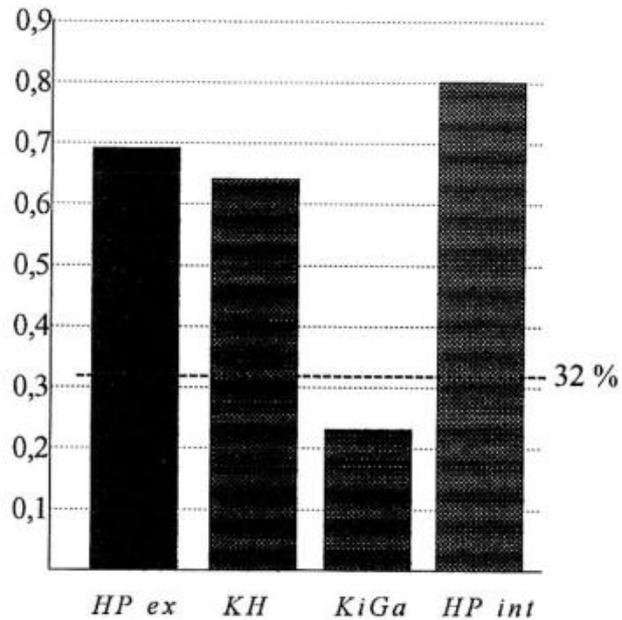


Abb. 21: Darstellung der Dominanzindizes der *Carabidae*

Die Dominanzverhältnisse (Tabelle 11) zeigen, daß es auf allen vier untersuchten Gründächern mehrere dominante bzw. eudominante Arten gibt, d.h. es sind Arten, die in großer Individuendichte vorkommen und das Bild der Carabiden-Gemeinschaft prägen.

Aus Abb. 26 wird anhand der Dominanzindizes ersichtlich, daß nur das Dach *KiGa* keine superdominante Art aufweist, alle anderen Dächer haben stark dominierende Laufkäferarten.

HP int ist mit der Art *Amara ovata*, die über 80 % aller gefangenen Carabiden ausmacht, das Dach mit dem höchsten Dominanzindex von d = 0,80. Das Untersuchungsobjekt *KH* hat sogar zwei Arten, die eine Superdominanz (> 32 %) erreichen.

Bei *HP ex* ist zu berücksichtigen, daß insgesamt nur 29 Individuen gefangen wurden, weshalb schon *Trechus quadristriatus* mit vier Exemplaren 13,9 % ausmachen und als dominante Art auftritt. Dagegen stellen auf dem Dach *KiGa* vier Individuen von *Amara familiaris* 0,9 % aller *Carabiden* dar und sind dort nur eine subzedente Art.

3.1.2.5 α -Diversität und Evenness

Die α -Diversität (within-habitat diversity) beschreibt die Artenvielfalt einer Lebensgemeinschaft innerhalb eines Gebietes im Gegensatz zur β -Diversität (between-habitat diversity), die die Artenzusammensetzung entlang eines Umweltgradienten beschreibt (MÜHLENBERG 1989). Das gebräuchliche Maß für die α -Diversität ist der SHANNON-WEAVER-Index H_s .

$$H_s = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad \text{mit} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

p_i = relative Häufigkeit der i-ten Art (Dominanz)

n_i = Individuenzahl der Art i

N = Gesamtindividuenzahl

S = Gesamtzahl der Arten

Hs erreicht den Wert 0, wenn alle Individuen nur einer Art angehören und strebt gegen hohe Werte (etwa bis 4,5 nach MÜHLENBERG 1989), wenn alle Arten mit gleicher Individuenzahl vorkommen, also gleichverteilt sind.

Da Hs sowohl mit zunehmender Artenzahl als auch mit steigender Gleichverteilung der Arten steigt und nicht erkennbar ist, welcher der beiden Möglichkeiten entscheidend ist, wird ergänzend als Vergleichsmaß die Evenness E berechnet, wobei Hs in Relation zu dem maximal möglichen Diversitätswert gesetzt wird:

$$E = \frac{H_s}{H_{\max}}$$

Hs = SHANNON-WEAVER-Index

H_{max} = maximaler Diversitätswert

(maximal mögliche Artendiversität, wenn alle Arten mit gleicher Individuendichte vertreten wären)

Die Evenness ist ein Maß für die Gleichverteilung der Arten innerhalb der Biozönose und erreicht Werte zwischen 0 und 1. Der Wert ist um so höher, je gleichmäßiger die Individuen auf die Arten verteilt sind und nimmt bei völliger Gleichverteilung (alle Arten mit gleicher Anzahl) den Wert 1 an.

Tab. 12: Diversität und Evenness der untersuchten Objekte

<u>Objekt</u>	<u>Artenzahl</u>	<u>Gesamt- individuenzahl</u>	<u>Diversität (Hs)</u>	<u>Evenness (E)</u>
HP ex	3	29	0,83	0,76
KH	3	121	0,69	0,63
KiGa	17	443	2,26	0,8
HP int	5	315	0,56	0,35

Die Hs-Werte aller Dächer spiegeln die Dominanzverhältnisse der *Carabidae* wider. Die relativ geringen Werte von *HP ex*, *KH* und *HP int* zeigen, daß die meisten Individuen dieser Dächer einer Art angehören, und daß beim Dach *KiGa* eine relativ hohe Gleichverteilung der Individuen auf die verschiedenen Arten vorliegt.

Die Evenness-Werte von E = 0,8 bei *KiGa* und E = 0,35 bei *HP int* bestätigen diese Aussagen. Der Wert E = 0,76 bei *HP ex* spricht allerdings auch für eine Gleichverteilung der Arten, jedoch ist hier die geringe Arten- und Individuenzahl zu berücksichtigen. Zudem können zufällig auf das Dach gelangte Gründerindividuen bei der insgesamt geringen Aktivitätsdichte der *Carabidae* die Individuenverteilungen entscheidend beeinflussen.

3.1.2.6 Indizes nach SÖRENSEN, RENKONEN, JACCARD und WAINSTEIN

Vergleich nach SÖRENSEN:

Der Sörensen-Quotient QS berücksichtigt nur die Anzahl der gemeinsamen Arten und dient zum qualitativen Vergleich von Artengemeinschaften.

QS gibt an, wieviel Prozent der Arten zweier Gebiete gemeinsam vorkommen.

$$QS = \frac{2 \times G}{S_A + S_B} \times 100 \quad [\%]$$

G = Zahl der in beiden Gebieten vorkommenden Arten

S_A, S_B = Zahl der Arten in Gebiet A bzw. B

QS nimmt Werte zwischen 0 und 100 % an. Je höher der Wert QS, um so ähnlicher ist die Zusammensetzung der Arten der verglichenen Gebiete (MÜHLENBERG 1989).

Tab. 13: Darstellung des Sörensen-Quotienten

<u>Objekte im direkten Vergleich</u>	<u>Sörensen QS [%]</u>
HP ex - KH	33,3
HP ex - KiGa	20
HP ex - HP int	50
KH - KiGa	30
KH - HP int	50
KiGa - HP int	45,5

Die höchsten Artenidentitäten bestehen zwischen *HP ex / HP int* (50 %), *KH / HP int* (50 %) und *KiGa / HP int* (45,5 %).

Zu beachten sind die geringen Artenzahlen bei *HP ex*, *KH* und *HP int*, die die hohen Werte bedingen können.

HP ex / KiGa haben nur eine sehr geringe Artenübereinstimmung.

Vergleich nach RENKONEN:

Die Renkonen'sche Zahl Re ist eine Maßzahl für die Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen zweier Artengemeinschaften und wird auch als Dominanzidentität bezeichnet (MÜHLENBERG 1989).

$$Re = d_1 + d_2 + d_3 + \dots \quad [\%] \quad d_1, d_2, d_3, \dots = \text{niedrigster Dominanzwert der in zwei Proben gemeinsam vorkommenden Arten}$$

Tab. 14: Darstellung der Renkonen'schen Zahl

<u>Objekte im direkten Vergleich</u>	<u>Renkonen</u> Re [%]
HP ex - KH	34,7
HP ex - KiGa	7,2
HP ex - HP int	18,7
KH - KiGa	9,9
KH - HP int	18,7
KiGa - HP int	8,6

Die höchste Dominanzidentität weist das Dachpaar *HP ex / KH* mit $Re = 34,7 \%$ auf . Fast keine Übereinstimmung besteht zwischen *HP ex* und *KiGa*.

Vergleich nach JACCARD:

Die Jaccard'sche Zahl JZ wird auch als Artenidentität bezeichnet und ist ebenfalls zum qualitativen Vergleich von Artengemeinschaften geeignet.

$$JZ = \frac{G \times 100}{S_A + S_B - G} \quad [\%]$$

G = Zahl der in beiden Gebieten gemeinsam vorkommenden Arten

S_A, S_B = Zahl der Arten in Gebiet A und B

Je kleiner JZ, desto mehr Arten stimmen in den zwei miteinander verglichenen Gebieten nicht überein.

Sind in Gebiet A und B nur gemeinsame Arten vorhanden (S_A = S_B = G), so nimmt JZ den Wert 100 an.

Tab. 15: Darstellung der Jaccard'schen Zahl

<u>Objekte im direkten Vergleich</u>	<u>Jaccard JZ [%]</u>
HP ex - KH	20
HP ex - KiGa	11,1
HP ex - HP int	33,3
KH - KiGa	17,7
KH - HP int	33,3
KiGa - HP int	29,4

Die Dachpaare *HP ex / HP int* und *KH / HP int* haben mit JZ = 33,3 % die höchsten Artenidentitäten, *HP ex / KiGa* haben die wenigsten gemeinsam Arten .

Habitat-Verwandtschaft nach WAINSTEIN:

Nach dem Wainstein-Index k_w (WAINSTEIN 1967; Ähnlichkeitsindex) werden Artenidentität (Jaccard'sche Zahl) und Dominanzidentität (Renkonen'sche Zahl) berücksichtigt und miteinander verbunden.

Nach TOPP (1982) bietet der Index den Vorteil, daß individuenarme Arten weder überbewertet noch vernachlässigt werden.

$$k_w = Re \times JZ$$

Re = Renkonen'sche Zahl

JZ = Jaccard'sche Zahl

Höhere Werte des Wainstein-Indexes belegen eine größere Ähnlichkeit (MÜHLENBERG 1989):

Tab. 16: Darstellung der Wainsteinindizes

<u>Objekte im</u> <u>direkten Vergleich</u>	<u>Wainstein</u> Kw
HP ex - KH	694
HP ex - KiGa	80
HP ex - HP int	624
KH - KiGa	174
KH - HP int	624
KiGa - HP int	254

Nach dem Wainsteinindex weisen die Dächer *HP ex / KH* ($k_w = 694$), *HP ex / HP int* ($k_w = 624$) und *KH / HP int* ($k_w = 624$) die größte Habitats-Verwandtschaft der untersuchten Dächer auf.

Ähnlich in abgeschwächt Form sind noch *KiGa* und *HP int* mit $k_w = 254$.

Ungleiche Habitate haben *KiGa* und *HP ex* ($k_w = 80$).

In Tabelle 17 sind alle berechneten Indizes vergleichend dargestellt.

Tab. 17: Zusammenfassende Übersicht aller Indizes

<u>Objekte im direkten Vergleich</u>	<u>Sörensen</u> QS [%]	<u>Jaccard</u> JZ [%]	<u>Renkonen</u> Re [%]	<u>Wainstein</u> Kw
	Artenidentität	Artenidentität	Dominanzidentität	Habitat-Verwandtschaft
HP ex - KH	33,3	20	34,7	694
HP ex - KiGa	20	11,1	7,2	80
HP ex - HP int	50	33,3	18,7	624
KH - KiGa	30	17,7	9,9	174
KH - HP int	50	33,3	18,7	624
KiGa - HP int	45,5	29,4	8,6	254

3.2 Qualitativ (Auswertung der Kescherfänge)

3.2.1 Apoidea

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt auf allen vier Dachbegrünungen 49 verschiedene Wildbienenarten aus 13 Gattungen gefangen. Eine Zusammenfassung aller Arten ist auf Seite 47 zu finden. Auf den folgenden vier Seiten werden die erfaßten *Apoidea*-Arten für jedes Dach einzeln aufgelistet. Die ökologischen Daten stammen aus WESTRICH (1989).

Tab. 18: Artenliste *Apoidea* des Daches *HP ex*

	<u>Fangdaten:</u>	<u>Blüte beim Fang:</u>	<u>Blütenbesuch:</u>	<u>Nistweise, Sozialverh</u>	<u>Lebensraum:</u>
Andrena bicolor Fabricius 1775	20.04.		polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
Andrena chrysoceles Kirby 1802	28.04.		polylektisch	1; solitär	u.a. Gärten, Parks
Andrena flavipes Panzer 1799	20.04.		polylektisch	1; solitär -sozial	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
Andrena minutula Kirby 1802	20./28.04.		polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
Andrena minutuloides Perkins 1904	01.07.	Sedum acre	polylektisch	1; solitär	Waldränder, Streuobstwiesen
Anthidium oblongatum Illiger 1806	01.07.	Sedum reflexum	polylektisch	2; solitär	trocken-warm
Apis mellifera Linnaeus 1758	20.04., 25.05., 18.08.	Sedum floriferum	polylektisch	2; sozial	Ubiquist
Bombus hortorum Linnaeus 1761	01.07.		polylektisch	3; sozial	Waldränder, Gärten, Parks
Bombus humilis Illiger 1806	18.08.	Petrorhagia saxifraga	polylektisch	2; (sozial)	offenes Gelände, Gärten
Bombos lapidarius Linnaeus 1758	18./25.05.		polylektisch	3; sozial	Parks, Gärten
Bombus pascuorum Scopoli 1763	01.07., 18.08.	Petrorhagia saxifraga	polylektisch	3; sozial	Ubiquist
Halictus simplex Blüthgen 1923	09.06.	Petrorhagia saxifraga	polylektisch	1; solitär	trockenwarme Ruderalstellen
Halictus tumulorum Linnaeus 1758	25.05., 09.06., 18.08.	Dianthus deltoides, Sedum floriferum	polylektisch	1; sozial	Ubiquist
Lasioglossum pauxillum Schenk 1853	25.05., 01.07.	Petrorhagia Dianthus deltoides	polylektisch	1; solitär -sozial	Ubiquist
Lasioglossum villosulum Kirby 1802	25.05.	Hieracium pilosella	polylektisch	1; solitär	Ubiquist
Megachile circumcincta Kirby 1802	18.05.		polylektisch	1; solitär	Sandgebiete, Magerrasen
Osmia aurulenta Panzer 1799	28.04.		polylektisch	6; solitär	Felsenhänge, Waldränder

Verwendete Abkürzungen der Seiten 43-46: 1 = selbstgegrabene Hohlräume; 2 = vorhandene Hohlräume; 3 = in großen Hohlräumen ;
4 = in Zweigen und Käferfraßgängen; 5 = parasitiert; 6 = in Schneckenhäuser

Tab.19: Artenliste *Apoidea* des Daches KH

	<u>Fangdaten:</u>	<u>Blüte beim Fang:</u>	<u>Blütenbesuch:</u>	<u>Nistweise, Sozialverhalten:</u>	<u>Lebensraum:</u>
Andrena bicolor	27.04., 30.06.	Sedum acre	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten
Fabricius 1775					
Andrena curvungula	18.05.		oligolektisch	1; solitär-sozial	Trockenhänge, Waldrand
Thomson 1870			Campanula		
Andrena gravida	27.04.	Kolkwitzia amabilis	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten
Imhoff 1832					
Andrena labialis	17.05.		oligolektisch	1; solitär-sozial	Magerrasen, Fettwiesen
Kirby 1802			Fabaceae		
Andrena minutula	17.05., 30.06.	Kolkwitzia,	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten
Kirby 1802		Sedum acre			
Andrena pandellei	17./24.05., 07.06.	Campanula patula	oligolektisch	1; sozial-solitär	Fettwiesen
Perez 1895			Campanula		
Andrena subopaca	17.05., 07.06.	Trifolium dubium,	polylektisch	1; solitär-sozial	Magerrasen, Waldränder
Nylander 1848		Cerastium holosteoides			
Anthidium oblongatum	30.06.		polylektisch	2; solitär	trocken-warm
Illiger 1806					
Apis mellifera	27.04., 30.06., 16.08.	Kolkwitzia,	polylektisch	2; sozial	Ubiquist
Linnaeus 1758		Trifolium pratense			
Bombus hortorum	07.06.		polylektisch	3; sozial	Waldränder, Gärten, Parks
Linnaeus 1761					
Bombus pascuorum	24.5.,27./30.6.,16.08.	Trifolium pratense	polylektisch	3; sozial	Ubiquist
Scopoli 1763					
Bombus terrestris	18./24.05., 30.06.		polylektisch	3; sozial	Ubiquist
Linnaeus 1758					
Chelostoma fuliginosum	07.06.		oligolektisch	2; solitär	Waldrand, Gärten, Parks
Panzer 1798			Campanula		
Halictus rubicundus	24.05.	Kolkwitzia,	polylektisch	1, sozial	Waldrand, Wiesen
Christ 1791		Trifolium pratense			
Halictus tumulorum	30.06.	Sedum acre	polylektisch	1; sozial	Ubiquist
Linnaeus 1758					
Lasioglossum leucozonium	07.06.	Centaurea jacea	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
Schrank 1781					
Lasioglossum leucopus	16.08.	Hieracium aurantiacum	polylektisch	1; solitär	Waldränder, Magerrasen
Kirby 1802					
Lasioglossum nitidulum	07.06., 16.08.	Centaurea jacea,	polylektisch	1; solitär	Trockenhänge, Gärten
Fabricius 1804		Crepis tectorum			
Lasioglossum pauxillum	17.05.	Kolkwitzia	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
Schenck 1853					
Lasioglossum villosulum	07.06.	Hieracium pilosella	polylektisch	1; solitär	Ubiquist
Kirby 1802					
Megachile ericetorum	07.06.		oligolektisch	2; solitär	Magerrasen
Lepeletier 1841			Fabaceae		
Osmia rufa	20.04., 17.05., 24.06.	Kolkwitzia	polylektisch	2; solitär	Waldränder, Gärten, Parks
Linnaeus 1758					
Sphecodes ephippius	27.04.		polylektisch	5; sozial	Ubiquist
Linnaeus 1767					

Tab. 20: Artenliste *Apoidea* des Daches *KiGa*

	<u>Fangdaten:</u>	<u>Blüte beim Fang:</u>	<u>Blütenbesuch:</u>	<u>Nistweise, Sozialverhalten:</u>	<u>Lebensraum:</u>
<i>Andrena bicolor</i> Fabricius 1775	20.04.	<i>Taraxacum officinalis</i>	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena chrysoseles</i> Kirby 1802	27./29.04.		polylektisch	1; solitär	u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena flavipes</i> Panzer 1799	20.04., 30.06.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena labialis</i> Kirby 1802	18.05., 07.06.	<i>Sedum acre</i>	oligolektisch Fabaceae	1; solitär-sozial	trockene Fettwiesen, Magerrasen
<i>Andrena labiata</i> Fabricius 1781	24.05.		polylektisch	1; solitär-sozial	trockene Fettwiesen, Gärten, Parks
<i>Andrena minutula</i> Kirby 1802	30.06.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena minutuloides</i> Perkins 1914	01./07.06.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	1; solitär	Waldränder, Streuobstwiesen
<i>Andrena strohella</i> Stoekchert 1938	20.04.		polylektisch	1; solitär	Fettwiesen, Magerrasen
<i>Andrena varians</i> Rossi 1792	20.04.		polylektisch	1; solitär	Waldränder, Gärten, Parks
<i>Anthidium oblongatum</i> Illiger 1806	07./30.06., 16.08.	<i>Sedum acre</i> , <i>Epilobium adnatum</i>	polylektisch	2; solitär	trocken-warm
<i>Anthophora quadrimaculata</i> Panzer 1806	30.06.	<i>Trifolium hybridum</i>	polylektisch	1; solitär	u.a. Gärten, Parks
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus 1758		<i>Sedum acre</i> , <i>Allium</i> , <i>Trifolium hybridum</i>	polylektisch	2; sozial	Ubiquist
<i>Bombus humilis</i> Illiger 1806	29.04.		polylektisch	2; (sozial)	offenes Gelände, Gärten, Parks
<i>Bombus lapidarius</i> Linnaeus 1758	20.04., 18.05., 01.06., 16.08.	<i>Allium schoenoprasum</i>	polylektisch	3; sozial	Parks, Gärten
<i>Bombus pascuorum</i> Scopoli 1763	01.06., 16.08.	<i>Trifolium hybridum</i>	polylektisch	3; sozial	Ubiquist
<i>Bombus terrestris</i> Linnaeus 1758	01.06.		polylektisch	3; sozial	Ubiquist
<i>Halictus tumulorum</i> Linnaeus 1758	16.08.	<i>Epilobium adnatum</i>	polylektisch	1; sozial	Ubiquist
<i>Hylaeus leptocephalus</i> Morawitz 1871	07.06.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	4; solitär	trockenwarme Ruderalstellen
<i>Hylaeus nigritus</i> Fabricius 1798	24.05., 07./30.06.	<i>Chrysanthemum leuc.</i> , <i>Sedum acre</i> , <i>Allium</i> , <i>Dianthus car.</i>	oligolektisch Asteraceae	2; solitär	Gärten, Parks
<i>Lasioglossum morio</i> Fabricius 1793	20.04.		polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
<i>Lasioglossum pauxillum</i> Schenk 1853	18./24.05., 30.06.	<i>Sedum acre</i> , <i>Cerastium vulgare</i>	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
<i>Megachile rotundata</i> Fabricius 1784	07.06.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	2; solitär-sozial	Sandgebiete, Trockenhänge
<i>Nomada fabriciana</i> Linnaeus 1767		<i>Sedum acre</i>	polylektisch	5; solitär	Ubiquist
<i>Nomada flava</i> Panzer 1798	20.04.		polylektisch	5; solitär	Ubiquist
<i>Nomada fucata</i> Panzer 1798	20.04.		polylektisch	5; solitär	Ubiquist
<i>Nomada succincta</i> Panzer 1798	20.04.		polylektisch	5; solitär	Trockenhänge
<i>Osmia rufa</i> Linnaeus 1758	20./29.04., 24.05.	<i>Allium schoenoprasum</i>	polylektisch	2; solitär	Waldränder, Gärten, Parks

Tab. 21: Artenliste *Apoidea* des Daches *HP int*

	<u>Fangdaten:</u>	<u>Blüte beim Fang:</u>	<u>Blütenbesuch:</u>	<u>Nistweise, Sozialverhalten:</u>	<u>Lebensraum:</u>
<i>Andrena bicolor</i> Fabricius 1775	28.04.	<i>Taraxacum officinalis</i>	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena fucata</i> Smith 1847	09.06.	<i>Cotoneaster dielsianus</i>	polylektisch	1; solitär	Waldgebiete
<i>Andrena fulva</i> Müller 1766	20.04.		polylektisch	1; solitär-sozial	Gärten, Parks
<i>Andrena haemorrhoa</i> Fabricius 1781	25.05.	<i>Rosa pimp.</i>	polylektisch	1; solitär	Ubiquist, u.a. Gärten, Parks
<i>Andrena minutula</i> Kirby 1802	20./28.04.		polylektisch	1; solitär	Ubiquist
<i>Andrena subopaca</i> Nylander 1848	25.05., 09.06.	<i>Cotoneaster,</i> <i>Potentilla fruticosa</i>	polylektisch	1; solitär-sozial	Magerrasen, Waldränder
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus 1758		<i>Potentilla, Cotoneaster</i> <i>Stephanandra in.</i>	polylektisch	2; sozial	Ubiquist
<i>Bombus lapidarius</i> Linnaeus 1758	01.06., 18.08.	<i>Sedum telephium, Lavandula</i>	polylektisch	3; sozial	Parks, Gärten
<i>Bombus pascuorum</i> Scopoli 1763	09.06., 01.07., 18.08.	<i>Sedum telephium, Lavandula</i>	polylektisch	3; sozial	Ubiquist
<i>Bombus pratorum</i> Linnaeus 1758	18.05., 09.06.		polylektisch	2-3; (sozial)	lichte Wälder, Wiesen
<i>Bombus terrestris</i> Linnaeus 1758	25.05., 01.06., 18.08.	<i>Sedum telephium, Lavandula</i>	polylektisch	3; sozial	Ubiquist
<i>Halictus tumulorum</i> Linnaeus 1758	28.04., 25.05., 01.06., 01.07.	<i>Rosa pimp., Potentilla,</i> <i>Sedum acre</i>	polylektisch	1; sozial	Ubiquist
<i>Hylaeus brevicornis</i> Nylander 1852	09.06.	<i>Potentilla</i>	polylektisch	4; solitär	trockenwarme Ruderalstellen
<i>Lasioglossum leucopus</i> Kirby 1802	01.07.	<i>Potentilla, Thymus serpyllum</i>	polylektisch	1; solitär	Waldränder, Magerrasen
<i>Lasioglossum morio</i> Fabricius 1793	01.07.	<i>Sedum acre</i>	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
<i>Lasioglossum pauxillum</i> Schenck 1853	18.08.	<i>Potentilla</i>	polylektisch	1; solitär-sozial	Ubiquist
<i>Nomada flava</i> Panzer 1798	28.04.		polylektisch	5; solitär	Ubiquist
<i>Sphecodes ephippius</i> Linnaeus 1767	18.05.		polylektisch	5; solitär	Ubiquist
<i>Sphecodes niger</i> Hagens 1882	28.04.		polylektisch	5; solitär	Ubiquist

Tab. 22: Zusammenfassende Übersicht aller gefangenen *Apoidea*

	<i>HP ex:</i>	<i>KH:</i>	<i>KiGa:</i>	<i>HP int:</i>	Rote Liste Baden- Württemb.
<i>Andrena bicolor</i>	x	x	x	x	-
<i>Andrena chrysoceles</i>	-	-	x	-	-
<i>Andrena curvungula</i>	-	x	-	-	2
<i>Andrena flavipes</i>	x	-	x	-	-
<i>Andrena fucata</i>	-	-	-	x	-
<i>Andrena fulva</i>	-	-	-	x	-
<i>Andrena gravida</i>	-	x	-	-	-
<i>Andrena haemorrhoa</i>	x	-	-	x	-
<i>Andrena labialis</i>	-	x	x	-	3
<i>Andrena labiata</i>	-	-	x	-	-
<i>Andrena minutuloides</i>	x	-	x	-	-
<i>Andrena minutula</i>	x	x	x	x	-
<i>Andrena pandellei</i>	-	x	-	-	2
<i>Andrena strohmeilla</i>	-	-	x	-	-
<i>Andrena subopaca</i>	-	x	-	x	-
<i>Andrena varians</i>	-	-	x	-	-
<i>Anthidium oblongatum</i>	x	x	x	-	3
<i>Anthophora quadrimaculata</i>	-	-	x	-	3
<i>Apis mellifera</i>	x	x	x	x	-
<i>Bombus hortorum</i>	x	x	-	-	-
<i>Bombus humilis</i>	x	-	x	-	3
<i>Bombus lapidarius</i>	x	-	x	x	-
<i>Bombus pascuorum</i>	x	x	x	x	-
<i>Bombus pratorum</i>	-	-	-	x	-
<i>Bombus terrestris</i>	-	x	x	x	-
<i>Chelostoma fuliginosum</i>	-	x	-	-	-
<i>Halictus rubicundus</i>	-	x	-	-	-
<i>Halictus simplex</i>	x	-	-	-	-
<i>Halictus tumulorum</i>	x	x	x	x	-
<i>Hylaeus brevicornis</i>	-	-	-	x	-
<i>Hylaeus leptocephalus</i>	-	-	x	-	-
<i>Hylaeus nigrinus</i>	-	-	x	-	-
<i>Lasioglossum leucolomium</i>	-	x	-	-	-
<i>Lasioglossum leucops</i>	-	x	-	x	-
<i>Lasioglossum morio</i>	-	-	x	x	-
<i>Lasioglossum nitidulum</i>	-	x	-	-	-
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	x	x	x	x	-
<i>Lasioglossum villosulum</i>	x	x	-	-	-
<i>Megachile circumcincta</i>	x	-	-	-	3
<i>Megachile ericetorum</i>	-	x	-	-	3
<i>Megachile rotundata</i>	-	-	x	-	-
<i>Nomada fabriciana</i>	-	-	x	-	-
<i>Nomada flava</i>	-	-	x	x	-
<i>Nomada fucata</i>	-	-	x	-	-
<i>Nomada succincta</i>	-	-	x	-	-
<i>Osmia aurulenta</i>	x	-	-	-	-
<i>Osmia rufa</i>	-	x	x	-	-
<i>Sphecodes ephippius</i>	-	x	-	x	-
<i>Sphecodes niger</i>	-	-	-	x	-
Summe der Arten:	17	23	27	19	

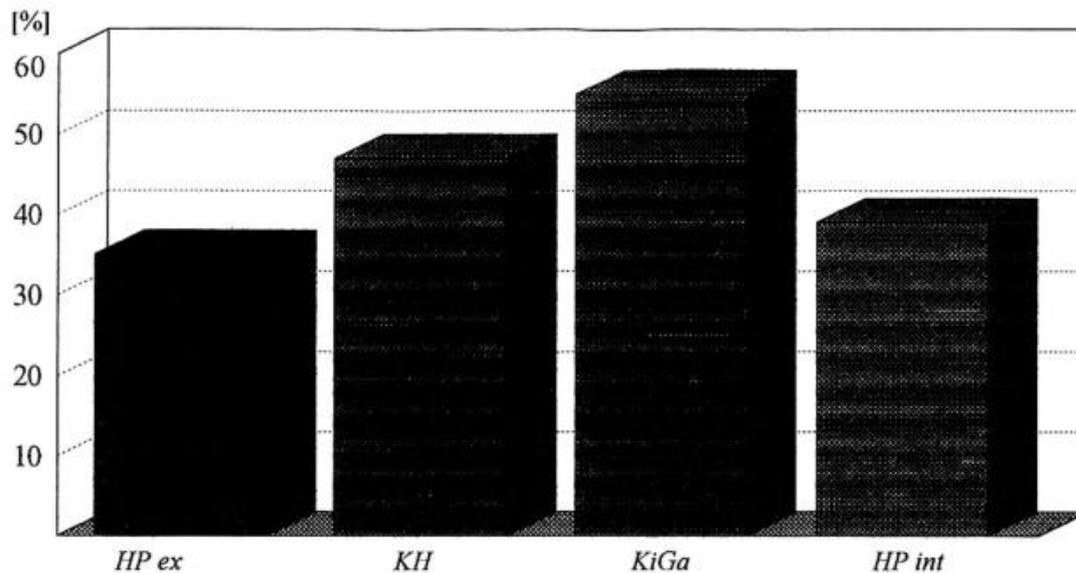


Abb. 22: Graphische Darstellung der Verteilung der erfaßten *Apoidea*-Arten auf die Untersuchungsobjekte

Auf dem Dach *KiGa* konnten 55 % aller gefangenen *Apoidea*-Arten festgestellt werden, bei *HP ex* waren es dagegen nur 35 % (Abb. 22). Ähnliche Verhältnisse herrschten auf dem Dach *HP int* mit 39%.

Es ist also eine Steigerung der Artenzahlen von *HP ex*, über *KH* (47 %), zu *KiGa* zu erkennen.

Nur sechs Wildbienenarten konnten auf allen vier untersuchten Dächern gleichzeitig nachgewiesen werden und zwar *Andrena bicolor*, *Andrena minutula*, *Apis mellifera*, *Bombus pascuorum*, *Halictus tumulorum* und *Lasioglossum pauxillum*.

Auf *HP ex* und *KiGa* konnten drei bzw. vier, auf *KH* sogar fünf *Apoidea*-Arten der Roten Liste Baden-Württembergs nachgewiesen werden. Darunter auf *KH* die "stark gefährdeten" Arten *Andrena curvungula* und *Andrena pandellei*.

Hinsichtlich des Blütenbesuchs sind alle erfaßten Wildbienenarten von *HP ex* und *HP int* polylektisch, d.h. sie sind nicht auf bestimmte Pflanzengattungen spezialisiert und nutzen mehrere Familien als Pollenquellen. Dagegen sind auf *KH* fünf und auf *KiGa* zwei Arten oligolektisch. Diese Arten können nur eine Pflanzengattung bzw. -familie als Pollenquelle nutzen. Vergleicht man die Pflanzenlisten der untersuchten Dächer mit den Nahrungsansprüchen der erfaßten oligolektischen Arten, so stellt sich heraus, daß die notwendigen Pollenquellen auf *KiGa* und *KH* vorhanden sind.

Nach MÜHLENBERG (1989) kann die Anwesenheit spezialisierter Brutparasitischer Wildbienen zur Beurteilung, in wie weit ein Lebensraum noch intakt ist, herangezogen werden, da Eingriffe des Menschen vorrangig die Wechselbeziehungen zwischen Parasit und Wirt bzw. zwischen Räuber und Beute stören.

Abb. 23 verdeutlicht die Beziehung Kuckucksbiene / Wirt jener Arten, die auf den untersuchten Dächern nachgewiesen werden konnten.

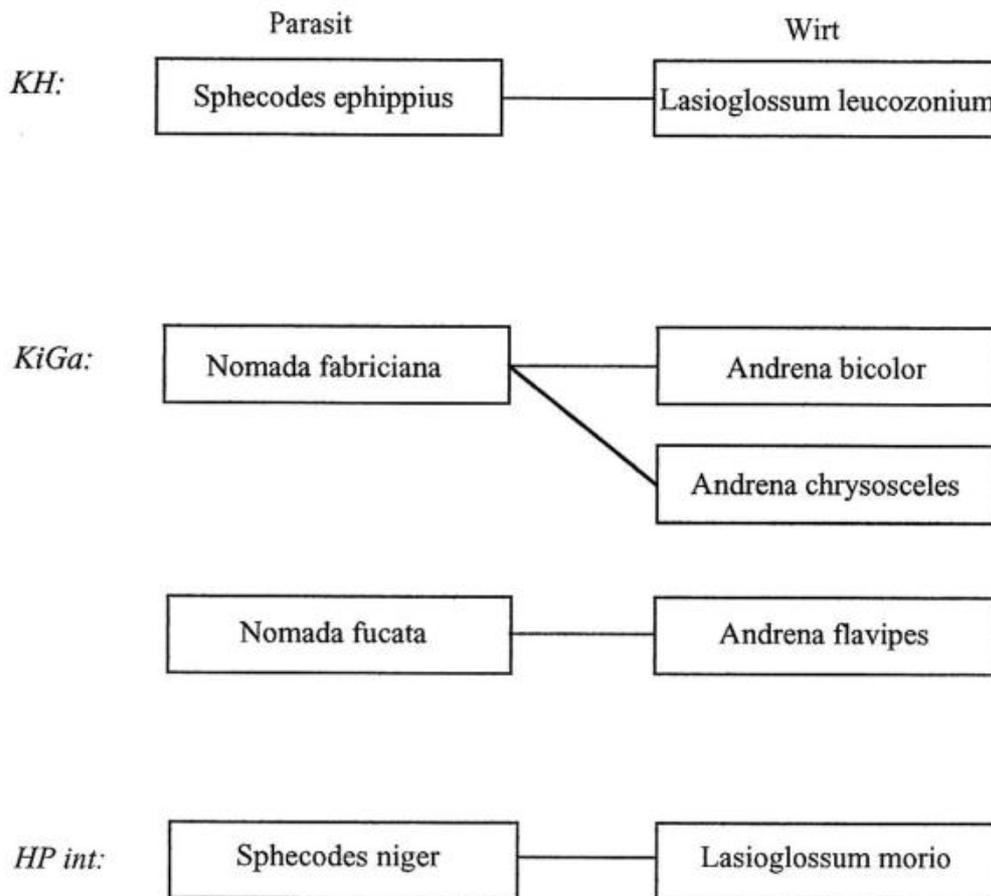


Abb. 23: Darstellung über die Parasit-Wirt-Beziehung der erfaßten Kuckucksbienen

Die Kuckucksbienen *Nomada flava*, *Nomada succincta* (bei *KiGa*) und *Sphecodes ephippius* (bei *HP int*) sind in dieser Abbildung nicht dargestellt, da deren Wirte (*Andrena nitida*, *Andrena curvungula* bei *KiGa* und *Lasioglossum leucozonium* bei *HP int*) nicht auf den genannten Objekten erfaßt werden konnten.

Bei *HP ex* konnten keine Kuckucksbienen entdeckt werden.



Abb. 24: *Lasioglossum villosulum* (HP ex)



Abb. 25: *Apis mellifera* (oben) und *Bombus terrestris* (KiGa)

3.2.2 *Lepidoptera*

Auf den untersuchten Gründächern konnten insgesamt 14 Schmetterlingsarten bestimmt werden.

Tab. 23: Artenliste aller erfaßten *Lepidoptera*

	<u>Lebensraum</u>	<u>Nahrung der Falter</u>	<u>Nahrung der Raupen</u>	<u>Über- winterung</u>
<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus 1758)	Ubiquist, Offenland, Wälder	Weiden, Flockenblume, Rotklee	<i>Urtica dioica</i>	Falter
<i>Deilephila elpenor</i> (Linnaeus 1758)	Wiesen, Waldlichtungen Gärten	<i>Epilobium</i>	<i>Epilobium, Galium, Vitis</i>	Puppe
<i>Euclidia glyphica</i> (Linnaeus 1758)	Wiesen, lockere Wälder	Klee, Löwenzahn	<i>Medicago lupulina, Trifolium</i>	Puppe
<i>Inachis io</i> (Linnaeus 1758)	Offenland, Wald	Weide, Huflattich, Rot- klee, Löwenzahn	<i>Urtica dioica</i>	Falter
<i>Lycæna phlaeas</i> p. (Linnaeus 1761)	Magerrasen, Äcker, Ruderalflächen	Scharfer Hahnenfuß, Feldthymian	<i>Rumex</i>	Raupe (Falter)
<i>Maniola jurtina</i> j. (Linnaeus 1758)	magere Fettwiesen, Offenland bis Wald	Wiesenflockenblume, Rotklee, Scharfgarbe	<i>Holcus, Bromus, Festuca</i>	Raupe
<i>Melanargia galathea</i> g. (Linnaeus 1758)	Feld- u. Wiesenraine, Ruderalstellen	Roter Wiesenklee, <i>Centaurea jacea</i>	<i>Festuca, Dactylis, Poa</i>	Raupe
<i>Pieris napi</i> n. (Linnaeus 1758)	Wälder, Gebüsch, Parks	Huflattich, kriech. Gänzel Blutweiderich	<i>Brassica oleracea, Alliaria petiolata</i>	Puppe
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus 1758)	Äcker, Gärten	<i>Brassicaea, Lamiacea, Fabacea</i>	<i>Brassica oleracea</i>	Puppe
<i>Plebejus argus aegon</i> (Linnaeus 1758)	Halbtrockenrasen, Wegränder, Äcker	Wiesenflockenblume, Weißklee, Magerite	<i>Lotus corniculatus, Coronilla varia</i>	Ei
<i>Polymmatius icarus</i> i. (Rottemburg 1775)	Feld- u. Wiesenraine, Ruderalflächen	<i>Fabacea</i>	<i>Trifolium dubium, Lotus corniculatus</i>	Raupe
<i>Pyrgus malvae</i> (Linnaeus 1758)	Waldränder, Wachholderheiden	Löwenzahn, Hornklee	Erdbeere, Potentilla	Puppe
<i>Thymelicus lineolus</i> (Ochsenheimer 1808)	Feldraine, Dämme, Offenland	Roter Wiesenklee, Karthäusernelke	<i>Dactylis, Holcus, Phleum pratense</i>	Raupe
<i>Zygaena filipendulae</i> (Linnaeus 1758)	Wiesen, Trockenrasen, Waldränder	Disteln, Flockenblume, Dost, Skabiosen	<i>Lotus corniculatus</i>	Raupe

Ökologische Daten aus EBERT und RENNWALD (1991)

Fast alle erfaßten Lepidopteren sind Ubiquisten mit weiter ökologischer Amplitude und geringen Ansprüchen an Lebensraum und Futterpflanzen. Im gesamten Untersuchungszeitraum konnten die meisten Arten nur als Einzeltiere beobachtet werden. Ausnahmen gab es auf dem Dach *KiGa*, bei dem die Arten *Euclidia glyphica*, *Melanargia galathea* und *Polymmatius icarus* in größerer Anzahl (teilweise 10 Individuen zur gleichen Zeit) erfaßt werden konnten (siehe Tab. 24).

Auf dem Dach *KiGa* konnten acht Arten gesichtet werden, auf *HP ex*, *KH* und *HP int* dagegen nur zwei bis drei Arten.

Tab. 24: Übersicht über die gefangenen *Lepidoptera* aller untersuchten Dächer

	<u>Deutsche Bezeichnung</u>	<u>Fangdatum</u>	<u>Individuen- häufigkeit</u>
HP ex			
<i>Lycaena phlaeas</i> p.	Kleiner Feuerfalter	25.05.	1
<i>Plebejus argus aegon</i>	Argus-Bläuling	18.08.	1
KH			
<i>Maniola jurtina</i> j.	Ochsenauge	30.06.	1
<i>Polyommatus icarus</i> i.	Hauhechelbläuling	16.08.	1
<i>Pyrgus malvae</i>	Malven-Würfelfleckfalter	25.05.	1
KiGa			
<i>Thymelicus lineolus</i>		30.06.	1
<i>Deilephila elpenor</i>	Mittl. Weinschwärmer	07.06.	1
<i>Euclidia glyphica</i>	Braune Tageule	29.04./24.05.	3
<i>Inachis io</i>	Tagpfauenauge	20.04.	1
<i>Melanargia galathea</i> g.	Schachbrett	30.06.	3
<i>Pieris naps</i> n.	Rapsweißling	18.05.	1
<i>Polyommatus icarus</i> i.	Hauhechelbläuling	18.05./16.08.	3
<i>Zygacna filipendulae</i>	Widderchen	16.08.	1
HP int			
<i>Pieris rapae</i>	Kleiner Kohlweißling	20.04.	2
<i>Aglais urticae</i>	Kleiner Fuchs	09.06.	1
<i>Clossiana spec.</i>	Perlmutterfalter	01.06.	1

Verwendete Abkürzungen: 1 = Einzelfund; 2 = häufiger; 3 = sehr häufig



Abb. 26: *Polymmatus icarus* (KiGa)



Abb. 27: *Euclidia glyphica* (KiGa)



Abb. 28: *Pyrgus malvae* (KH)

3.2.3 *Saltatoria*

Auf den vier untersuchten Dachbegrünungen konnten drei verschiedene Heuschreckenarten festgestellt werden (Tab. 25). Ökologische Daten stammen aus BELLMANN (1985).

Tab. 25: Übersicht der gefangenen *Saltatoria* aller untersuchten Dächer

	<u>Fangdatum</u>	<u>Ökologische Ansprüche</u>	<u>Lebensraum</u>	<u>Individuenhäufigkeit</u>
HP ex				
<i>Chorthippus brunneus</i>	09.06.	xerothermophil; starke Ausbreitungstendenz	Sandgruben, Trockenrasen südexponierte Böschungen	2
KH				
<i>Chorthippus brunneus</i>	16.08.	xerothermophil; starke Ausbreitungstendenz	Sandgruben, Trockenrasen, südexponierte Böschungen	2
<i>Chorthippus biguttulus</i>	16.08.	mäßig trocken, leichte Xerothermophilie	Wiesen, Wegränder, Ruderalflächen	2
KiGa				
<i>Chorthippus brunneus</i>	30.06.	xerothermophil; starke Ausbreitungstendenz	Sandgruben, Trockenrasen, südexponierte Böschungen	3
<i>Chorthippus biguttulus</i>	30.06.	mäßig trocken, leichte Xerothermophilie	Wiesen, Wegränder Ruderalflächen	3
<i>Stenobothrus lineatus</i>	16.08.	xerothermophil	Heide, Trockenrasen, Ödland, Halbtrockenrasen	1
HP int				
Ensifera-Larve	20.04.	-	-	1

Verwendete Abkürzungen: 1 = Einzelfang; 2 = häufiger; 3 = sehr häufig

Alle erfaßten *Saltatoria* sind Pionierarten, die trocken- und wärmeliebend sind und die zumindest in Süddeutschland häufig vorkommen.

Besonders *Chorthippus brunneus*, der (außer auf *HP int*) überall zu finden war, hat eine sehr starke Ausbreitungstendenz. Zudem sind seine Eier trockenstressunempfindlich, was ihn als besonders geeignete "Dachart" erscheinen läßt.

Auf *HP ex* und *KH* fanden sich jeweils etwa zwei bis drei Paare *Ch. brunneus*, auf dem Dach *KiGa* mindestens je 20 Individuen der beiden Arten *Ch. brunneus* und *Ch. biguttulus*.

Bei *HP ex* und *KiGa* konnten Ende Mai (*HP ex*) bzw. Anfang Juni (*KiGa*) *Caelifera*-Larven festgestellt werden, wobei auf *HP ex* ab 09.06.1993 zirpende Männchen zu hören waren. Bei *KiGa* traten die ersten Adulti erst drei Wochen später auf.



Abb. 29: *Chorthippus biguttulus* (KiGa)



Abb. 30: *Chorthippus brunneus* (KiGa)

4. Diskussion

Das begrünte Dach gewinnt im Bereich der Stadtökologie immer mehr an Bedeutung und steht in zunehmenden Maße im Blickpunkt der Forschung. Der Lebensraum "Dach" darf allerdings nicht nur verallgemeinernd charakterisiert werden, sondern es bedarf einer differenzierten Betrachtungsweise.

Im Folgenden sollen allgemeingültige Charakteristika begrünter Dächer kurz beschrieben werden, im Anschluß daran werden die untersuchten Objekte dieser Arbeit einzeln, im Vergleich untereinander und im Vergleich mit anderen Autoren beschrieben sowie Tendenzen bzw. daraus folgende Konsequenzen für die Fauna diskutiert.

Gründächer stellen einen extremen Lebensraum dar, der sowohl durch isolierte und exponierte Lage als auch durch geringe Flächengröße charakterisiert wird. Die Isolation besteht zum einen in der erhöhten Lage gegenüber der Erdoberfläche, zum anderen im größeren Abstand zu vergleichbaren Biotopen. D.h., nur wenn entsprechende Biotope in der Nähe der Dachbegrünung vorhanden sind, sind bestimmte Tierarten zu erwarten. Beispielhaft zeigt sich das bei dem am Waldrand liegenden Untersuchungsobjekt *KH*, auf dem vermehrt *Apoidea* auftreten, die Waldränder bewohnen.

Erreichbarkeit der Dächer

Es stellt sich die Frage nach der Erreichbarkeit der begrünten Dächer, da diese teilweise mehrere Stockwerke hoch über der Straße liegen.

- Wildbienen, Schmetterlinge und andere flugfähige Arthropoden können das Gründach aktiv bei der Nahrungssuche anfliegen.
- Blattläuse und Ameisen zeigen z.B. jahreszeitlich bedingtes Schwärmverhalten und können zufällig auf ein Dach gelangen.
- Durch thermische Effekte und Luftströmungen (KLAUSNITZER 1993) kann sogenanntes Luftplankton passiv auf das begrünte Dach verdriftet werden. Unter Luftplankton versteht man u.a. Springschwänze und Milben, aber auch Spinnen (besonders juvenile und kleine Arten), die sich mittels Fadenfloß treiben lassen (KÖHLER 1992). Die von KLAUSNITZER (1988), ACHEL (1991), HIRSCHFELDER (1991) und RIEDMILLER (1991) auf Dachbegrünungen erfaßten *Araneae* waren größtenteils Aeronauten der Familie *Linyphiidae*.
- Weniger mobile Tiergruppen wie *Gastropoda*, *Oligochaeta* und *Isopoda* können bei gärtnerisch begrünten Dächern mit dem Dachgartensubstrat und den Pflanzballen eingeschleppt werden (RIEDMILLER 1991, MANN eigene Beobachtungen).
- Interessante Erkenntnisse geben die Artenlisten der gefangenen *Carabidae* der vorliegenden Arbeit und der Arbeiten anderer Autoren (DARIUS und DREPPER 1983, KLAUSNITZER 1988, ACHEL 1991, HIRSCHFELDER 1991): Keine, der auf Dachbegrünungen gefangenen Laufkäferarten war brachypter. Es konnten nur flugfähige *Carabidae* erfaßt werden, was den Schluß nahe legt, daß die Besiedlung über den Luftweg erfolgte. TIELE (1972) beschrieb, daß in Primärbiotopen mehr macroptere Arten vorkommen als in länger existierenden Populationen. ACHEL (1991) stellte fest, daß der Anteil der macropteren Arten auf Dächern im Gegensatz zum Vergleichsstandort Boden stets erhöht war.

Gleichzeitig traten auf dem Dach im allgemeinen kleinere Käferarten auf als auf bodenständigen Vergleichsstandorten (MÜLLER 1988, ACHEL 1991). Die in der vorliegenden Arbeit erfaßten Carabidenarten wiesen Maximallängen von 11 mm auf (*Harpalus rubripes*, *Pterostichus nigrita*) (vergleiche HIRSCHFELDER 1991). Die großen *Carabus*-Arten konnten nicht nachgewiesen werden

Inselbiotop Dach

Nach BLAB (1985) und MADER (1981) werden isolierte und kleinräumige Habitats hauptsächlich von flugfähigen und eurytopen Carabidenarten mit breiter ökologischer Valenz besiedelt. Ebenso nimmt der Einfluß nicht standortgemäßer Arten zu. Es findet ein Konkurrenzkampf um die eingeschränkten Ressourcen statt, bei dem sich anpassungsfähige Arten durchsetzen. Arten mit größeren Flächenansprüchen wandern ab und es entsteht eine neue Artenzusammensetzung (MADER 1983, KLAUSNITZER 1993).

Kleine, isolierte Biotope weisen geringe Artenzahlen mit einem hohen Anteil der häufigen Arten auf, was eine geringe Diversität zur Folge hat. Nach der 2. Thienemann'schen Regel kommen in extremen Habitats wenige Arten in großer Individuenzahl vor (KLAUSNITZER 1993). Einzelne Arten können z.B. bei Flächenreduzierung oder anthropogener Belastung 50-70 % aller Individuen stellen (MADER 1983). Inselbiotope, wie z.B. Gründächer, sind hinsichtlich ihres Ressourcenangebotes instabiler, stör anfälliger und Umweltfluktuationen stärker ausgesetzt.

Andererseits können sehr kleine Inselbiotope bei ausreichenden Mikrohabitats und Ressourcen eine relativ hohe Anzahl an Tierarten aufweisen. Die Zoozönose setzt sich dann aus standorttreuen Arten, Pionierarten und temporären Zuwanderern aus Nachbarbiotopen zusammen (MADER 1983).

Die Dachvegetation

Vorraussetzung für die Besiedelung von Dächern durch Tiere ist die Vegetation. Diese wird sowohl von den klimatischen Extrembedingungen (Sonne und Wind) als auch vom Substrat auf dem Dach geprägt. Die Substratschicht ist letztendlich durch ihre Schichtdicke und Wasserspeicherfähigkeit der entscheidende Ausgangspunkt für Vegetationsform und -entwicklung.

Selbst auf Kiesdächern stellt sich nach einiger Zeit eine Begrünung ein. Untersuchungen von DARIUS und DREPPER (1983), BORNKAMM (1961) und BOSSLER und SUSZKA (1988) zeigen, daß Dächer mit einem ca. 10 cm starken Schutzbelag aus Kies nach einigen Jahrzehnten spontan von Pflanzen besiedelt werden. Es bilden sich je nach Kieshöhe zwei Gesellschaften aus: zum einen die *Sedum*-Gesellschaft "*Sedum-Sempervivum tectorum*" an flachen Randbereichen, zum anderen die Gräsergesellschaft "*Poa pratensis-compressae*" an den tieferen Stellen.

Das von RIEDMILLER (1991) postulierte "Pflanzlose Pflanzendach" ist auf 2-6 cm hoher mineralischer Substratschicht (Vulkanbruch) gärtnerisch begrünt worden. Von 55 Pflanzenarten überlebten nur 19 aus den Familien *Crassulaceae*, *Saxifragaceae*, *Iridaceae* und *Liliceae*. Gräser fielen aufgrund der dünnen Substratschicht aus.

Bei gärtnerisch begrüntem Extensivbegrünungen mit etwa 10 cm Substrat (mit mineralisch-organischen Bestandteilen) wird die Vegetationsform lange Zeit durch die gepflanzten Arten bestimmt und entwickelt sich zum Gras-Kräuter-Sedum-Dach (HIRSCHFELDER 1991, ACHEL 1991).

Unter dem Einfluß gärtnerischer Begrünung steht besonders die Intensivbegrünung. Hier herrschen oftmals noch Sträucher vor, deren Ursprung in Asien oder Nordamerika liegt.

Abhängigkeit der Fauna von Alter und Größe des Daches

Alle untersuchten Objekte dieser Arbeit sind gärtnerisch begrünte Dächer mittleren Alters, wobei das Dach *KH* mit 10 Jahren ein etwas älteres Dach darstellt. So weist dieses Dach auch die höchste Vegetationsvielfalt auf. *KH* beherbergte drei Carabidenarten, auf *KiGa* (fünf Jahre alt) wurden 17 Arten festgestellt. Das Alter der begrünten Dächer spielt also für die Fauna nur eine untergeordnete Rolle (vgl. auch ACHTEL 1991 und HIRSCHFELDER 1991).

Ebenso hat die Flächengröße als alleiniges Kriterium wenig Einfluß: Auf dem 96 m² großen Dach *HP int* wurden fünf Carabidenarten festgestellt, auf dem Dach *HP ex* mit 460 m² dagegen nur drei Arten. Nach ACHTEL (1991) steigen zwar die Artenzahlen tendenziell mit der Flächengröße, eine gesicherte Korrelation konnte aber nicht bewiesen werden.

Vergleich der untersuchten Dächer

Entscheidend für die Vielfalt und Häufigkeit der bodenlebenden Tiergruppen ist die Substratdicke. Beim flachgründigsten Dach *HP ex* mit 5 cm Substrat sind drei Carabidenarten mit insgesamt 29 Individuen und vier verschiedene Tiergruppen erfaßt worden, wobei die feuchtigkeitsliebenden und unmobilen Taxa *Gastropoda*, *Oligochaeta*, *Myriapoda* und *Isopoda* vollständig fehlten.

Das Dach *KH* hat in weiten Bereichen ebenfalls ein nur 5 cm tiefes Substrat, jedoch konnte aufgrund der 23 cm starken Anhögelungen und der damit verbundenen Pflanzung von Sträuchern eine erhöhte Individuenzahl (127) der drei erfaßten Carabidenarten festgestellt werden. Auch HIRSCHFELDER (1991) und RIEDMILLER (1991) beobachteten, daß bei sehr trockenen Dächern Laufkäfer nur an schattigen bzw. dicht bewachsenen Bereichen gefangen werden konnten.

Bei *KH* konnten auf Grund der erhöhten Bodenfeuchtigkeit auch *Gastropoda* nachgewiesen werden.

Bei den Dächern *KiGa* und *HP int* wurden bei zumindest teilweisen intensiven Schichtaufbau und einer Substrathöhe von 12-20 cm acht (*KiGa*) bzw. neun (*HP int*) verschiedene Tiergruppen erfaßt. Auch die frost- und hitzeempfindlichen Taxa konnten vermehrt gefangen werden.

Beim Vergleich der *Carabidae* von *KiGa* und *HP int* zeigt sich ein anderes Bild:

Bei *HP int* ergab sich zwar gegenüber den extensiv begrünten Dächern *HP ex* und *KH* eine Steigerung der Artenzahl auf fünf Arten, jedoch konnten auf *KiGa* insgesamt 17 verschiedene Laufkäferarten nachgewiesen werden. Das Dach *KiGa* ist hinsichtlich seiner Kleinbiotope und Vegetationsformen stärker strukturiert und abwechslungsreicher ausgebildet als *HP int*. Es wechseln schattige, teilweise feuchtere, intensive Bereiche mit flachgründigen, trockenen Flächen ab. Nach FITGER und MAHLER (1991) ist die Strukturvielfalt eines Biotops ein wichtiges Qualitätskennzeichen tierischer Lebensräume. Die Anzahl der Tiere ist abhängig von potentiellen Mikrohabitaten (KLAUSNITZER 1993). Für *Carabidae* ist die relative Luftfeuchtigkeit des Lebensraumes von entscheidender Wichtigkeit und von größerer Bedeutung ist als beispielsweise der Temperaturgradient (THIELE 1964).

Auch HIRSCHFELDER (1991) stellte bei Untersuchungen von extensiven Dachbegrünungen fest, daß die Arten- und Individuenzahl bei reichstrukturierten Dächern am höchsten ist.

Nimmt man die faunistischen Untersuchungen von ACHTEL (1991), DARIUS und DREPPER (1983), HIRSCHFELDER (1991), KLAUSNITZER (1988), MÜLLER (1988), RIEDMILLER (1991) und ZIMMERMANN (1984) als Grundlage, so zeigt sich, daß auf flachgründiger Extensivbegrünung im Regelfall keine temperaturempfindlichen Tiergruppen

wie *Oligochaeta*, *Gastropoda* u.a. zu erwarten sind, weil diese Dachbegrünung keine vor Frost und Sonne schützenden Stellen aufweist und im Winter vollständig durchgefriert.

Die Temperaturmessungen der vorliegenden Arbeit zeigen, daß Substraterhöhungen in Form von Anhögelungen (*KH*) oder intensiven Begrünungen (*KiGa*, *HP int*) frostfreie Stellen schaffen können und den oben genannten Taxa das Überleben ermöglichen (vergleiche auch ZIMMERMANN 1987).

Fehlen bestimmte Bodenlebewesen, so sind natürliche Stoff- und Energiekreisläufe gestört. Abgestorbene Pflanzenteile werden nur langsam und unvollständig abgebaut. Beutetiere der räuberischen Arthropoden *Carabidae*, *Chilopoda*, *Araneae* fallen aus.

Der nachfolgende biozönotische Konnex ist beispielsweise für *HP int* möglich:

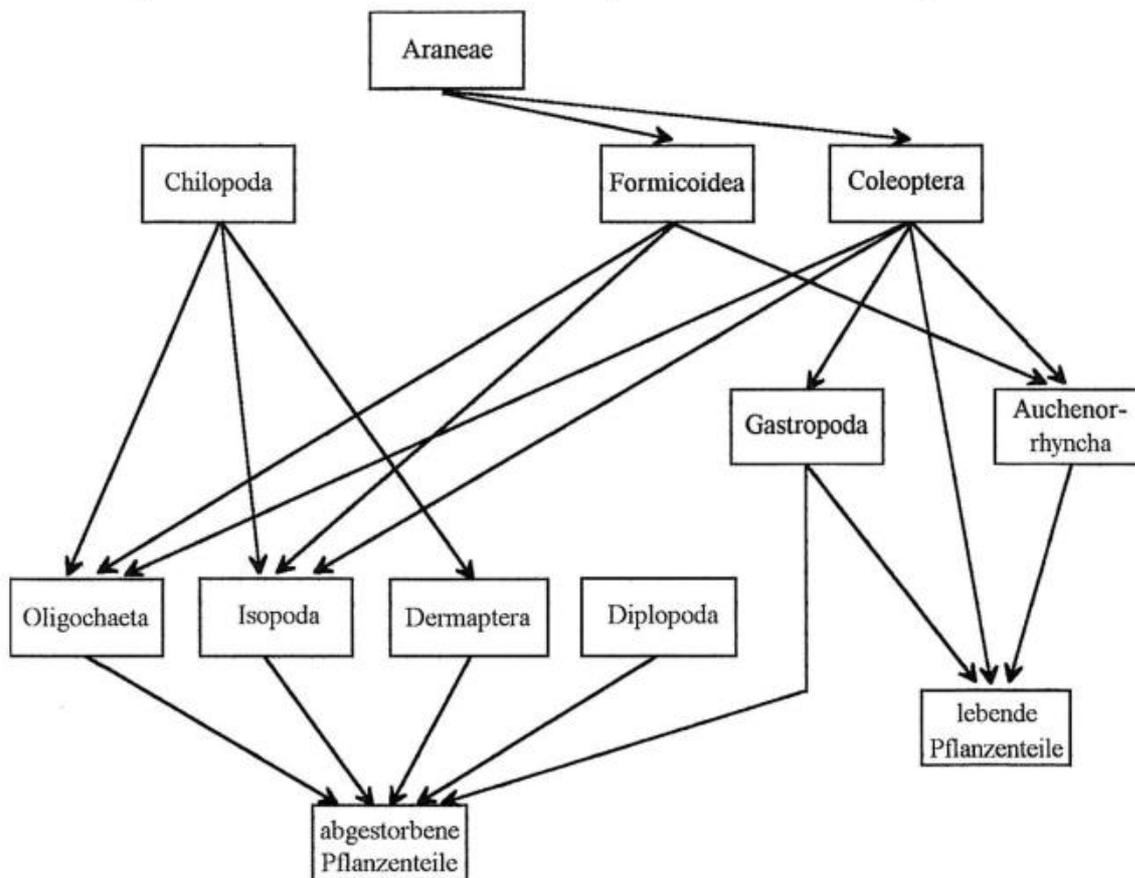


Abb. 31: Möglicher biozönotischer Konnex auf *HP int*

Optisch betrachtet unterscheiden sich die vier untersuchten Dächer deutlich voneinander. Dies zeigt sich auch in der Artenliste der Flora und in der Zunahme der epigäischen Tiergruppen. Betrachtet man allerdings die *Carabidae*, so zeigt sich eine Ähnlichkeit zwischen den Dächern *HP ex*, *KH* und *HP int*. Dies ist einerseits durch die geringen Artenzahlen und ähnlichen Dominanzverhältnisse erkennbar, bei denen mindestens eine Art zur Superdominanz gelangt und die restlichen Arten nur in geringer Anzahl vorkommen. Andererseits zeigt der Wainstein-Index, der qualitative und quantitative Aspekte berücksichtigt, daß zwischen *HP ex*, *KH* und *HP int* die größte Habitatsverwandtschaft besteht. Dabei sind sich *HP ex* und *KH* als Extensivbegrünungen ähnlicher als die Intensivbegrünung *HP int*. Der Wainstein-Index zeigt auch, daß zwischen dem Dach *HP ex* und dem Dach *KiGa* eine nur geringe Ähnlichkeit besteht und daß am ehesten das Dach *HP int* dem Dach *KiGa* gleicht.

Die Ergebnisse bei der Erfassungen der Wildbienen, Schmetterlinge und Heuschrecken unterstreichen dies. Auch hier ist ein Ansteigen der Artenzahlen von *HP ex* über *KH* zu *KiGa* ersichtlich. *HP int* weist ähnliche Artenzahlen wie die beiden extensiven Dächer *HP ex* und *KH* auf (Tab. 26).

Auf allen untersuchten Dächern konnten insgesamt 49 Wildbienenarten erfaßt werden, davon kamen 55 % auf dem Dach *KiGa* vor. Bei *HP int* mit nur 19 Arten (39 %) machte sich das geringe Blütenangebot und die nicht einheimische Gehölzpflanzung bemerkbar. Bei *HP int* konnten auch keine oligolektischen bzw. geschützten Arten beobachtet werden.

Bei *HP ex* wurden ebenfalls nur polylektische Wildbienenarten gefangen, jedoch gab es hier wie bei *KH* und *KiGa* Arten, die in Baden-Württemberg auf der "Roten Liste" verzeichnet sind. Besonders das Angebot an Glockenblumen (*Campanula*) machte das Dach *KH* für einige Nahrungsspezialisten wie *Andrena curvungula* und *Andrena pandellei* attraktiv.

RIEDMILLER (1991, 1993) konnte 1990 auf einem dünn-schichtigen Extensivdach mit *Sedum*-Bepflanzung sieben Wildbienenarten, in den folgenden zwei Jahren insgesamt 20 Arten nachweisen. Nach KÖHLER (1992) bietet das begrünte Dach für blütenbesuchende Insekten vor allem im Frühjahr und Frühsommer unterschiedliche Blühaspekte. Die Arten- und Fangdaten dieser Arbeit und RIEDMILLER (1991) und bestätigen das.

Bei den tagaktiven Schmetterlingen konnten nur auf dem Dach *KiGa* einzelne Arten häufiger beobachtet werden. Die potentiellen Futterpflanzen der Raupen dieser Arten waren vorhanden, jedoch wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht gezielt nach Raupen gesucht.

Feldheuschrecken (*Caelifera*) bevorzugen offenes Gelände und waren vielleicht deshalb nur auf dem Dach *HP int* nicht zu finden. Auf Intensivbegrünungen können aber durchaus auch *Caelifera* vorkommen wie ZIMMERMANN (1987) beispielsweise mit *Chorthippus biguttulus* bewies. DARIUS und DREPPER (1983) wiesen auf bewachsenen Kiesdächern in Berlin die Arten *Chorthippus mollis* und *Chorthippus biguttulus* nach. *Chorthippus biguttulus* konnte bei der vorliegenden Arbeit außer auf *HP int* auf allen Dachbegrünungen beobachtet werden. Es zeigte sich jedoch, daß das reichstrukturierte Dach *KiGa* eine deutlich höhere Populationsdichte hatte als die beiden extensiven Dächer *HP ex* und *KH*.

Tab. 26: Zusammenfassung der Artenzahlen der untersuchten Taxa

	<u>HP ex</u>	<u>KH</u>	<u>KiGa</u>	<u>HP int</u>
<i>Carabidae</i>	3	3	17	5
<i>Apoidea</i>	17	23	27	19
<i>Lepidoptera</i>	2	3	8	3
<i>Saltatoria</i>	1	2	3	1
Summe:	23	31	55	28

Schlußfolgerungen und Tendenzen

Die Substratschicht der begrünten Dächer ist durch ihre Höhe und Wasserspeicherfähigkeit Voraussetzung für das Vorhandensein von Bodentieren, insbesondere von feuchtigkeitsliebenden Tiergruppen. Bei flachgründigen Extensivbegrünungen fehlen diese, folglich sind die Umsetzungsvorgänge im Boden gestört. Zudem mangelt es an Nahrungsgrundlagen für räuberische Tierarten.

Der Extrembiotop Dach wird innerhalb der *Carabidae* vorrangig von eurytopen und xerophilen Arten mit weiten ökologischen Amplituden besiedelt. Es dominieren Arten der Gattungen *Amara* und *Harpalus*. Diese Gattungen sind fakultativ phytophag und ernähren sich u.a. von Samen und anderen Pflanzenteilen. D.h., sie können auch dann überleben, wenn verschiedene Bodentiere als Beutegrundlage fehlen.

Die Gattungen *Amara*, *Bembidion* und *Harpalus* wurden bei allen bisher untersuchten Dächern festgestellt (ACHTEL 1991, DARIUS und DREPPER 1983, HIRSCHFELDER 1991, KLAUSNITZER 1988, MÜLLER 1988). Die Artenlisten weisen ebenfalls ähnliche Zusammensetzungen auf; so stimmen z.B. sieben Arten der vorliegenden Arbeit mit den Carabidenarten von Kiel (ACHTEL 1991) bzw. Osnabrück (Hirschfelder 1991) überein.

Eine durchgängig 5 cm hohe Extensivbegrünung (*HP ex*) beherbergt selbst bei größerer begrünter Dachfläche eindeutig weniger Laufkäfer (29 Individuen) als eine rein intensive Begrünung mit einer 20 cm hohen Substratschicht (*HP int*, 315 Individuen).

Mit Ausnahme des Daches *KiGa* bestätigen alle untersuchten Dächer die Aussage von KLAUSNITZER (1993), daß bei Inselbiotopen oftmals eine geringe Artenzahl mit einem hohen Anteil der häufigsten Arten anzutreffen ist (vergleiche auch ACHTEL 1991, HIRSCHFELDER 1991, DARIUS und DREPPER 1983).

Dünnschichtige Extensivbegrünungen müssen normalerweise jedes Jahr eine neue Tierpopulation aufbauen, da das Substrat im Winter vollständig durchgefriert (MÜLLER 1988).

Bei den Intensivbegrünungen *KiGa* und *HP int* liegt dagegen der Schluß nahe, daß alle erfaßten epigäischen Tiergruppen auch den Winter auf dem Dach überleben, da einerseits hohe Individuenzahlen erfaßt werden konnten und andererseits die Substrate auch bei Minustemperaturen der Luft noch frostfreie Rückzugsbereiche aufzuweisen hatten. Bei *KiGa* und *HP int* konnten sich sehr wahrscheinlich dauerhafte Populationen entwickeln.

Das extensiv-intensiv begrünte Dach *KiGa* konnte von allen näher untersuchten Tiergruppen eindeutig höhere Artenzahlen vorweisen als die Dachbegrünungen *HP ex*, *KH* und *HP int*.

Grund dafür ist die Vielzahl an verschiedenen Kleinbiotopen und Bodenstrukturen. Auf diesem Gründach konnten neben xerophilen auch hygrophile Carabidenarten nachgewiesen werden. Die hohe Aktivitätsdichte der *Gastropoda* und *Oligochaeta* spricht ebenfalls für eine große Vielfalt der Strukturen, wobei neben eher einem Magerrasen entsprechenden Bereichen auch relativ feuchte Stellen anzutreffen sind.

Verbesserungen

Auf allen Dachbegrünungen können Verbesserungen angebracht werden, um die ökologische Wertigkeit zu erhöhen. Voraussetzung ist, daß von statischer Seite aus zumindest punktuell eine höhere Flächenlast erlaubt ist.

Reine Extensivbegrünung könnte schon mit Substratanhügelungen reichhaltiger strukturiert

werden (siehe Dach *KH*). Bei erhöhter Substratstärke könnten so zumindest kleinere Sträucher gepflanzt werden, die neben einer Ernährungsfunktion auch Rückzugsflächen bei sommerlichen Temperaturen bieten können.

Weiterhin sind offene trocken-sandige Stellen ebenso wichtig wie feuchte Bereiche, die sogar in freie Wasserflächen übergehen könnten.

Gebüschvegetationen könnten beispielsweise mit großflächigen extensiven Vegetationsformen kombiniert werden, um eine erhöhte Pflanzen- und Biotopvielfalt zu erreichen.

Wichtig ist jedoch bei allen Begrünungsformen, daß einheimische Pflanzenarten und keine gärtnerischen Zuchtformen bzw. fremdländische Arten Verwendung finden.

Für Wildbienen könnten Nistgelegenheiten in Form von Ästen und Wurzeln mit kleinen vorgebohrten Löchern angebracht werden.

Nach dem Stand stadtoökologischer Forschungen können viele begrünte Dächer als dauerhafte Lebensräume für Fauna und Flora dienen. Zumindest können sie als zeitlich und räumlich begrenzte Trittsteinbiotope Zwischenglieder von natürlichen Großbiotopen darstellen.

Nach FITGER und MAHLER (1991) stellen sogenannte Trittsteinbiotope einen begrenzten Lebensraum mit Mindestanforderungen für bestimmte Tierarten dar, von wo aus eine Weiterverbreitung möglich ist.

Dach- und Fassadenbegrünungen, Parkanlagen und Stadtseen können einen wichtigen Beitrag zur Biotopvernetzung leisten.

5. Zusammenfassung

Im Jahre 1993 wurden im Zeitraum vom 06.04. bis 21.09. vier gärtnerisch begrünte Flachdächer im Stadtgebiet Böblingen/Sindelfingen ökologisch (Schwerpunkt Fauna) untersucht.

Die untersuchten Dachbegrünungen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Substrathöhe (sogenannter Schichtaufbau) und steigern sich von extensiver über extensiv mit Anhögelungen und extensiv-intensiv zu rein intensiver Begrünungsform.

Erfasst wurde mit jeweils vier Bodenfallen die epigäische Fauna, vorrangig die *Carabidae*. Zusätzlich wurden *Apoidea*, *Lepidoptera* und *Saltatoria* mit dem Kescher gefangen.

Die Kernfragen, die sich stellten, waren zum einen, in welchem Umfang Tiere begrünte Dächer nutzen und ob dauerhafte Populationen möglich sind, zum anderen, ob sich unterschiedliche Dachbegrünungsformen (extensiv/intensiv) hinsichtlich ihrer Zoozönose unterscheiden.

Insgesamt wurden auf allen vier Untersuchungsobjekten 906 Laufkäfer aus 18 Arten, 49 Wildbienenarten, 15 Schmetterlingsarten und vier Heuschreckenarten nachgewiesen.

Im allgemeinen sind die erfaßten Taxa durch anspruchslose eurytope Arten mit weiter ökologischer Valenz charakterisiert. Bei den Wildbienen wurden einige oligolektische Arten beobachtet, wobei acht Arten der "Roten Liste" Baden-Württemberg angehören.

Bei den Carabiden zeigte sich die isolierte Insellage in den geringen Arten- und den hohen Individuenzahlen der häufigsten Arten. Laufkäfer der Gattungen *Amara* und *Harpalus* waren dominierend.

Das extensiv-intensiv begrünte Dach mit der größten Anzahl an Kleinbiotopen stellte eine Ausnahme dar. Bei allen untersuchten Tiergruppen konnte auf dieser Dachbegrünung die höchsten Arten- und Individuenzahlen erfaßt bzw. beobachtet werden.

Extensive und intensive Dachbegrünung unterscheiden sich hauptsächlich in der Zusammensetzung der epigäischen Zoozönose und deren dauerhaften Fortbestand über Jahre hinweg:

Auf Intensivbegrünungen kann im Gegensatz zu flachgründigen Extensivbegrünungen die Bodentierwelt sehr wahrscheinlich den Winter überdauern. Auf extensiven Begrünungen sind gestörte Stoffkreisläufe festzustellen, da bodenumsetzende Taxa fast völlig fehlen.

Alle begrünten Dächer liefern (je nach Aufbau) einen kleineren oder größeren Beitrag zur Stadtökologie, zur Überlebensfähigkeit der Fauna und zur Verbesserung der Umwelt.

6. Literaturverzeichnis:

- ACHTEL, L. (1991): Untersuchungen zur Besiedlung begrünter Dächer durch Arthropoden im Stadtbereich. - Diplomarb. Univ. Kiel
- 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
- BALOGH, J. (1958): Lebensgemeinschaften der Landtiere, Ihre Erforschung unter besonderer Berücksichtigung der zoozöologischen Arbeitsmethoden. - Akademie-Verlag, Berlin
- BARBER, H.S. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. - Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 46, 259-265
- BELLMANN, H. (1985): Heuschrecken - beobachten - bestimmen. - Neumann-Neudamm-Verlag, Melsungen
- 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
- BORNKAMM, R. (1961): Vegetation und Vegetationsentwicklung auf Kiesdächern. - Vegetatio 10, 1-25
- BOSSLER, S., SUSZKA, B. (1988): Spontanvegetation auf Dächern in Osnabrück. - Diplomarb. FH Osnabrück, FB Landespflege
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. - Springer Verlag, Wien
- BRAUNE, F. (1974): Kritische Untersuchungen zur Methodik der Bodenfallen. - Diss., Kiel
- BRUCKER, G., KALUSCHE, D. (1990): Bodenbiologisches Praktikum. - Biologische Arbeitsbücher, Quelle und Meyer, Heidelberg
- DARIUS, F., DREPPER, J. (1983): Ökologische Untersuchungen auf bewachsenen Kiesdächern in West-Berlin. - Diplomarb. Freie Univ. Berlin
- DWD DEUTSCHER WETTERDIENST (1993): Monatlicher Witterungsbericht des Deutschen Wetterdienstes. - H. 1-12
- EBERT, G., RENNWALD, E. (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

- EMMERICH, R. (1966): Faunistisch-ökologische Untersuchungen über die Zikadenfauna des Greifswalder Gebietes. - Mitt. Zool. Mus. Berlin 42, 61-126
- ENGELMANN, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. - Pedobiologia 18, 378-380
- ERIKSEN, W. (1964): Beiträge zum Stadtklima von Kiel. - Schriften des geographischen Instituts der Univ. Kiel 22, 1
- ERNST, W. (1984): Extensive Flachdachbegrünung. - Das Gartenamt, Berlin H.5 316-324
- FITGER, C., MAHLER, G. (1991): Ökologische Vorrangflächen in der Bauleitplanung. Ökologischer Band 3. - Westarp Wissenschaften,
- FLL (Hrsg.) (1984): Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung Grundsätze für Dachbegrünungen, 2. Auflage. Schriftenreihe der FLL e.V. Bonn
- FORSTER, W., WOHLFAHRT, Th.A. (1984): Die Schmetterlinge Mitteleuropas - Tagfalter - Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
- FREUDE, H., HARDE, K.W., LOHSE, G.A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas Bd.2. - Goecke & Evers, Krefeld
- HERWIG, R. (1982): 350 Gartenpflanzen in Farbe. - BLV, München
- HEYDEMANN, B. (1953): Agrarökologische Problematik, dargetan an Untersuchungen über die Tierwelt der Bodenoberfläche der Kulturfelder. - Diss. Univ. Kiel
- HEYDEMANN, B. (1956): Über die Bedeutung der "Formalin-Fallen" für die zoologische Landesforschung. - Faun.-ökol. Mitt. 1, 19-24
- HEYDEMANN, B. (1956): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. Leipzig, 537-556
- 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., Fachber.Biol./Chemie der Univ. Osnabrück
- HOESCHELE, K., SCHMIDT, H. (1974): Klimatische Wirkungen einer Dachbegrünung. - Garten und Landschaft 84 (6)

- JOGER, H.G., VOWINKEL, K. (1992): Stadtökologische Untersuchungen zur Fauna von drei jungen Flachdächern mit künstlicher bzw. spontaner Begrünung. - Verh. Ges. Ökol. 21, 83-90
- 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., PFÜLLER, R. (1980): Ökofaunistische Untersuchungen auf einem Hausdach im Stadtzentrum von Leipzig. - Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Nat. R. 29, 629-638
- KOCH, K. (1989): Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie Bd. 1 und 2. - Goecke & Evers, Krefeld
- KÖHLER, M. (1992): Fassaden- und Dachbegrünung. - Ulmer Fachbuch, Stuttgart
- KOLB, W., SCHWARZ, T. (1986): Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern. - Zeitschrift für Vegetationskunde 3
- KOLB, W., SCHWARZ, T. (1987): Grün auf kleinen Dächern; Dachbegrünung für jedermann BLV, München
- KYTZLER, S., SULZBERG, K. (1992): Untersuchungen zu den Artenzusammensetzungen der Zönosen der Araneae, Carabidae und Heteroptera auf extensiv begrünten Dachflächen in Berlin-Kreuzberg. - Diplomarb. TU Berlin
- LÜKENGA, W. (1986): Untersuchungen zum Stadtklima von Osnabrück. Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung. - Stadtplanung im Gespräch 48
pflege 24-41
- MADER, H.J. (1981): Untersuchungen zum Einfluß der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstellen oder Refugium. - Natur und Landschaft 56, 235-242
- MADER, H.J. (1983): Warum haben kleine Inselbiotope hohe Artenzahlen? - Natur und Landschaft 10, 367-370
- MAUSS, V. (1987): Bestimmungsschlüssel für die Hummeln der Bundesrepublik Deutschland. - Deutsche Jugend für Naturbeobachtung, Hamburg
- MEHL, G., WERK, K. (1982): Häuser in lebendigem Grün. - Falken Verlag
- MENDEL, H.G. (1985): Die Bedeutung von Gründächern insbesondere aus wasserwirtschaftlicher Sicht. - Das Gartenamt 34

- MINKE, G. (1984): Die Grünen lassen bitten. - Baumarkt H. 4, 124-127
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie, 2. Auflage. - Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden
- MÜLLER, D. (1988): Untersuchung von Extensivbegrünungen (Grasdächer) unter besonderer Berücksichtigung von Vegetation und Fauna. - Diplomarb. Univ. Essen
- NEDER, A. (1985): Funktion, Aufbau, Kosten von Dachbegrünungen. - Diplomarb. Techn. Univ. München
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - Ulmer Verlag, Stuttgart
- RIEDMILLER, J. (1991): Pfliegeloses Pflanzendach - Ökologische Untersuchungen auf einem neu bepflanzten Flachdach. - Diplomarb. Univ. Heidelberg
- RUNGE, F. (1990): Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas, 10./11. ver. Auflage. - Ashendorff Verlag, Münster
- SCHÄFER, M. (1970): Einfluß der Raumstruktur in Landschaften der Meeresküste auf das Verteilungsmuster der Tierwelt. - Zool. Jb. Syst. Bd. 97, 55-124
- SCHAUER, T., CASPARI C. (1989): Der große BLV Pflanzenführer. - München
- SCHMEIL, O., FITSCHEN, J. (1982): Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. - Quelle & Meyer, Heidelberg
- SKUHRAVY, V. (1957): Die Fallenfangmethode. - Cas. Ceskoslov. Spolecn. Entom. 54, 27-40
- SKUHRAVY, V. (1970): Zur Anlockungsfähigkeit von Formalin für Carabiden in Bodenfallen. - Beitr. Ent. Bd. 20, H. 3/4, 371-374
- SUKOPP, H. et al. (1980): Beiträge zur Stadtökologie von Berlin (West) - Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. - Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin 3
- THIELE, H.U. (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. - Z. Morph. Ökol. Tiere, Bd. 53, 387-452
- TOPP, W. (1981): Biologie der Bodenorganismen. - Quelle und Meyer, Heidelberg
- TOPP, W. (1982): Vorkommen und Diversität von Laufkäfer - Gemeinschaften in verschiedenen Ökosystemen (Col., Carabidae). - Drosera 1, 109-116
- TRAUTNER, J., GEIGENMÜLLER, K. (1987): Sandlaufkäfer, Laufkäfer. - Verlag Josef Margraf, Aichtal

- TROLLDENIER, G. (1971): Bodenbiologie - Die Bodenorganismen im Haushalt der Natur. - Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
- TRETZEL, E. (1955): Technik und Bedeutung des Fallenfanges für ökologische Untersuchungen. - Zool. Anz. 155, 276-287
- WAINSTEIN, B.A. (1967): Some methods of evaluation of similarity of biocoenoses. - Zool. Z. 46, 981-986
- WESTRICH, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs. - Ulmer, Stuttgart
- ZIMMERMANN, P. (1987): Dachbegrünung. Eine ökologische Untersuchung auf Kiesdach, extensiv und intensiv begrüntem Dächern. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württh. 62, Karlsruhe, 517-549

7. Tabellenanhang:

Die folgenden 12 Seiten führen alle Erfassungsdaten der Barberfallen im Untersuchungszeitraum auf.

Fallenauswertung : I: 20.04.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	1		2	3	6
Spinnen	3	6	1	5	15
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen					0
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven			1		1
Fliegen/Mücken	2,7	4,13	1,15	1,8	9,78
Zikaden		1			1
Wanzen	1				1
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	5	6	11	1	23
Spinnen	9	17	38	9	73
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	18	21	36	48	123
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven		1	1		2
Fliegen/Mücken	0,1	0,2	1,1	0,2	1,6
Zikaden	1				1
Wanzen					0
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	11	11	14	18	54
Spinnen	24	31	1	9	65
Asseln				1	1
Würmer		2	1		3
Ameisen	4	2	1	16	23
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	16	1	1	3	21
Fliegen/Mücken	4,2	5	0,3	2,3	11,8
Zikaden		2		5	7
Wanzen			1	1	2
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler		1		1	2

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	21	18	15	15	69
Spinnen	11	3	7	17	38
Asseln	1	14	26	11	52
Würmer			1		1
Ameisen	19	33	14	101	167
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler	4	2	3	5	14
Larven	1	2			3
Fliegen/Mücken	2,3	1	1,1		4,4
Zikaden			1		1
Wanzen	1	1	1	1	4
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer		1	7	4	12
Hautflügler					0

Fallenauswertung : II: 04.05.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		3	1	5	9
Spinnen	3	6	1	7	17
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		2	1		3
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven				1	1
Fliegen/Mücken	6,15	4,25	1,38	0,24	12,02
Zikaden					0
Wanzen	1	1		1	3
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	11	15	36	24	86
Spinnen	12	11	9	13	45
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	27	54	35	119	235
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	0,8	0,13	3,6	3,3	7,83
Zikaden		2		1	3
Wanzen					0
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler			1		1

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	37	39	20	24	120
Spinnen	44	22	5	22	93
Asseln	3				3
Würmer	8	11		3	22
Ameisen	11	8	13	26	58
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	19		4	7	30
Fliegen/Mücken	2,74	5,44	0,9	4,42	13,5
Zikaden	2	4		7	13
Wanzen			1		1
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	2	4		7

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	54	44	59	61	218
Spinnen	17		13	10	40
Asseln	20	21	53	14	108
Würmer	2				2
Ameisen	35	35	74	40	184
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler	3	1	1	5	10
Larven		1			1
Fliegen/Mücken	0,16	0,1	2,11	18	20,37
Zikaden			2		2
Wanzen	3	1	4	2	10
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	3	3	8	17	31
Hautflügler					0

Fallenauswertung : III: 18.05.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	4	1	1	3	9
Spinnen		3			3
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		1			1
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven				1	1
Fliegen/Mücken	5,5	1,2	3	5,1	14,8
Zikaden				2	2
Wanzen	2	1			3
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	4	4	16	6	30
Spinnen	1	1	6	5	13
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	15	16	66	19	116
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	1,2	5,1	4,2	0,4	10,9
Zikaden	2	1		1	4
Wanzen		1			1
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1				1

Objekt: KrGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	12	4	5	15	36
Spinnen	34	37	1	34	106
Asseln	1	1			2
Würmer					0
Ameisen	13	2	3	10	28
Hundertfüßler				1	1
Taußendfüßler					0
Larven			7	8	15
Fliegen/Mücken	4,5	2,7	1,2	0,4	8,8
Zikaden	2	2		2	6
Wanzen					0
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	19	30	6	71	126
Gehäuseschnecken	3	10	1	21	35
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	73	19	33	42	167
Spinnen	3	1	9	5	18
Asseln	392	467	1102	219	2180
Würmer					0
Ameisen	41	98	92	17	248
Hundertfüßler	1				1
Taußendfüßler		4	2	4	10
Larven					0
Fliegen/Mücken	2	1	7	3	13
Zikaden					0
Wanzen	1				1
Heuschrecken					0
Nacktschnecken		7	8		15
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	11	2	9	5	27
Hautflügler					0

Fallenauswertung : IV: 01.06.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		5	4	2	11
Spinnen	1	2	1		4
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen					0
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	3	4,1	2	6	15,1
Zikaden		1	1		2
Wanzen	3	1			4
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler			1		1

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	4		18	1	23
Spinnen	1	2	3	1	7
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	12	20	79	30	141
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	1	1		1	3
Fliegen/Mücken	0,1	1	13,1	1,2	15,4
Zikaden	1	1	1	1	4
Wanzen		2			2
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken	1		6		7
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	17	31	7	34	89
Spinnen	15	18		12	45
Asseln			6	1	7
Würmer	1	2			3
Ameisen	3	1	4	4	12
Hundertfüßler	1	2	1	3	7
Taußendfüßler					0
Larven			3	4	7
Fliegen/Mücken	2		3,1	1,13	6,23
Zikaden	4	4			8
Wanzen	3		1		4
Heuschrecken	1				1
Nacktschnecken	32	60	40	122	254
Gehäuseschnecken	12	14	2	30	58
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	56	24	27	29	136
Spinnen	1	2	7	9	19
Asseln	679	2079	963	262	3983
Würmer			2		2
Ameisen	14	110	56	22	202
Hundertfüßler			1		1
Taußendfüßler	1	1		1	3
Larven	1	1		1	3
Fliegen/Mücken	3		4	2	9
Zikaden	1		1		2
Wanzen	3		4	1	8
Heuschrecken					0
Nacktschnecken			8	2	10
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	4	2			6
Hautflügler			1	1	2

Fallenauswertung : V: 15.06.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		1		2	3
Spinnen		2			2
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		5			5
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven		1			1
Fliegen/Mücken		3		1,1	4,1
Zikaden	1		1	1	3
Wanzen	4	1	1		6
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	2	1		4

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	2	1	2	2	7
Spinnen	4	1	4	5	14
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	7	23	17	7	54
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	2	2	2		6
Zikaden		8		2	10
Wanzen			2	2	4
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	10	27	3	38	78
Spinnen	10	6	3		19
Asseln		1	4		5
Würmer	2	5		2	9
Ameisen	5	1	9	16	31
Hundertfüßler			1		1
Taußendfüßler					0
Larven	2	1			3
Fliegen/Mücken	1	5	2	1,1	9,1
Zikaden	2	6		5	13
Wanzen		1		2	3
Heuschrecken	1				1
Nacktschnecken	23	55	3	80	161
Gehäuseschnecken		7	1	2	10
Ohrwürmer					0
Hautflügler		6			6

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	24	20	9	19	72
Spinnen	1		2	5	8
Asseln	1001	2051	451	197	3700
Würmer					0
Ameisen	35	151	72	25	283
Hundertfüßler			2		2
Taußendfüßler	2	1	3	2	8
Larven					0
Fliegen/Mücken	6	2	0,1	1	9,1
Zikaden			2	8	10
Wanzen	26	1	13	1	41
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	21	3	19	9	52
Hautflügler					0

Fallenauswertung : VI: 26.06.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	4	5	2	1	12
Spinnen	1	4			5
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		3			3
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven			1		1
Fliegen/Mücken	3,1	6	9,2	3,1	21,4
Zikaden					0
Wanzen	8		2	2	12
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1	1		3

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer			13	1	14
Spinnen	3	5	3	1	12
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	21	31	23	26	101
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven			1		1
Fliegen/Mücken		2	2,1	3	7,1
Zikaden	4	36	4	1	45
Wanzen	4	2	1	3	10
Heuschrecken		1			1
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken			6		6
Ohrwürmer					0
Hautflügler		1			1

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	29	37	3	35	104
Spinnen	4	4	2	1	11
Asseln	1	4			5
Würmer	1			1	2
Ameisen	16	1	6	15	38
Hundertfüßler			3		3
Taußendfüßler					0
Larven	3	2	3		8
Fliegen/Mücken	5,3	6,2	1,3	4,4	17,2
Zikaden	51	28	4	37	120
Wanzen	2			5	7
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	28	51	28	32	139
Gehäuseschnecken	2	14	6	6	28
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1	2	1	5

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	13	15	7	15	50
Spinnen	15	2	4	4	25
Asseln	263	1180	252	73	1768
Würmer					0
Ameisen	50	118	57	21	246
Hundertfüßler				1	1
Taußendfüßler				1	1
Larven					0
Fliegen/Mücken	3	3	4,2	3,4	13,6
Zikaden	1	1	15	2	19
Wanzen	80		34	2	116
Heuschrecken					0
Nacktschnecken				1	1
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	28	8		3	39
Hautflügler		1			1

Fallenauswertung : VII: 13.07.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	4	4	2	4	14
Spinnen			2	2	4
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	2	5	2		9
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven				1	1
Fliegen/Mücken	1,1	2		3,2	6,3
Zikaden	1	2	2	1	6
Wanzen	10		1	2	13
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler				1	1

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		2	8		10
Spinnen	3	2	3	4	12
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	18	13	34	13	78
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven			1		1
Fliegen/Mücken	1,1	1,1	1,1	0,1	3,4
Zikaden	5	20	22	13	60
Wanzen	1	3		1	5
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1		1	3

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	16	70	1	37	124
Spinnen	14	8	2	3	27
Asseln	4	2	2		8
Würmer	5	2	1		8
Ameisen	17	8	3	17	45
Hundertfüßler	1	1	3	1	6
Taußendfüßler			1		1
Larven	1	5		1	7
Fliegen/Mücken	3,1	5	0,4	1,4	9,9
Zikaden	203	260	35	150	648
Wanzen	3	1		13	17
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	6	45		12	63
Gehäuseschnecken		1		1	2
Ohrwürmer					0
Hautflügler	2	3	2	2	9

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	10	21	4	10	45
Spinnen	3	5	4		12
Asseln	127	900	200	21	1248
Würmer					0
Ameisen	46	99	29	15	189
Hundertfüßler	1				1
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	3,2		1	1	5,2
Zikaden	13	4	22		39
Wanzen	38	1	22	3	64
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	19	2	5		26
Hautflügler	2	1	1	1	5

Fallenauswertung : VIII: 27.07.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	1		1	6	8
Spinnen	5	2	3	3	13
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		5		1	6
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	1	3	1		5
Fliegen/Mücken	42	10,1	3	4,1	59,2
Zikaden				3	3
Wanzen	22	6	2	2	32
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1		2		3

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	1	1	16	2	20
Spinnen	6	6	6	4	22
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	14	16		24	54
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	3,1	0,1	1,2	2	6,4
Zikaden	9	57	9	22	97
Wanzen	6	3		2	11
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken			1		1
Ohrwürmer					0
Hautflügler				1	1

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	12	30	6	53	101
Spinnen	23	18	1	9	51
Asseln	4	1	7		12
Würmer					0
Ameisen	15		14	35	64
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	2	3			5
Fliegen/Mücken	22,2	17,2	3,5	12,26	55,16
Zikaden	300	200	34	200	734
Wanzen	1	2	1	2	6
Heuschrecken		1			1
Nacktschnecken	23	23	28	3	77
Gehäuseschnecken			3		3
Ohrwürmer					0
Hautflügler	4	5		3	12

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	3	17	15	8	43
Spinnen	7	3	9	11	30
Asseln	19	362	264	10	655
Würmer					0
Ameisen	25	47	23	12	107
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	11,13	14,1	2,2	16	43,43
Zikaden	2	4	14	3	23
Wanzen	13	14	2		29
Heuschrecken					0
Nacktschnecken			2		2
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	3	1	16		20
Hautflügler		1	1	3	5

Fallenauswertung : IX: 10.08.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	3	2	1	1	7
Spinnen	5	7		9	21
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		6			6
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	30,4	6	4	13	53,4
Zikaden			1		1
Wanzen	8	2	3	2	15
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer			9		9
Spinnen	5	1	6	7	19
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	7	5	27		39
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven				1	1
Fliegen/Mücken	7	3	5	3,1	18,1
Zikaden	11	12	6	2	31
Wanzen	2	2		1	5
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken	1		5		6
Ohrwürmer					0
Hautflügler				6	6

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	13	30	5	12	60
Spinnen	14	17	1	3	35
Asseln	3	1	16		20
Würmer					0
Ameisen	3	7	19		29
Hundertfüßler		1	2		3
Taußendfüßler					0
Larven	1	1	1	2	5
Fliegen/Mücken	6,5	10,7	1,1	17,6	35,9
Zikaden	77	86	6	81	250
Wanzen	2	1		2	5
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	18	25	47	46	136
Gehäuseschnecken		1	15	2	18
Ohrwürmer					0
Hautflügler		3	4	1	8

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	2	10	6	4	22
Spinnen	14	5	10	1	30
Asseln	28	334	585	11	958
Würmer					0
Ameisen	15	24	15	3	57
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven		1			1
Fliegen/Mücken	23	11,2	12	14	60,2
Zikaden	1		1		2
Wanzen	4		22	1	27
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	1	2	2		5
Gehäuseschnecken			1		1
Ohrwürmer	8	1	14	1	24
Hautflügler	1		1	2	4

Fallenauswertung : X: 24.08.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	2	1	1		4
Spinnen		3	2	4	9
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		1			1
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	2			2	4
Fliegen/Mücken	10,8	4,3	1	10,2	26,3
Zikaden	3				3
Wanzen	10	1		3	14
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1	1		3

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		1	9		10
Spinnen	9	4	8	6	27
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	15	14	15	9	53
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	2				2
Fliegen/Mücken	6	5	4,5	2,2	17,7
Zikaden		5		1	6
Wanzen		3		1	4
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken			1		1
Ohrwürmer					0
Hautflügler	2	1	1		4

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	9	14	7	13	43
Spinnen	15	4	2	6	27
Asseln	2	1	7		10
Würmer	3	11	1	1	16
Ameisen	1		4	13	18
Hundertfüßler			5	3	8
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	2,15		2,1	7,8	12,05
Zikaden	19	2	1	7	29
Wanzen			1		1
Heuschrecken	1				1
Nacktschnecken	15	80	11	21	127
Gehäuseschnecken	1	1	1	1	4
Ohrwürmer					0
Hautflügler				2	2

Objekt: HP Int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		9	3	1	13
Spinnen	6	2	3	4	15
Asseln	73	220	80	30	403
Würmer					0
Ameisen	16	20	14	1	51
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	17,2	9	6,2	16,1	48,5
Zikaden			3	3	6
Wanzen	5	1	22	1	29
Heuschrecken					0
Nacktschnecken			2		2
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	13	14	5		32
Hautflügler	1	2			3

Fallenauswertung : XI: 07.09.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	2	2	1		5
Spinnen	2	1	4	3	10
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen		1			1
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven				1	1
Fliegen/Mücken	23	4,2	3	0,1	30,3
Zikaden	1				1
Wanzen	9				9
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler					0

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		1	1		2
Spinnen	5	3	1	2	11
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	14	7	5	8	34
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	1				1
Fliegen/Mücken	3	8	2,1	8,1	21,2
Zikaden		7		3	10
Wanzen	1	1			2
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken		2	3		5
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1	1	5	8

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	1	5	2	15	23
Spinnen	22	4	2	3	31
Asseln	1	2	4	1	8
Würmer		3			3
Ameisen	1			28	29
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven		2	1		3
Fliegen/Mücken	1,8	1,5	2	4,8	10,1
Zikaden	5	6		5	16
Wanzen					0
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	22	34	19	33	108
Gehäuseschnecken	1		3	2	6
Ohrwürmer					0
Hautflügler	5		2		7

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer		10	1		11
Spinnen	2			3	5
Asseln	61	85	80	10	236
Würmer					0
Ameisen	16	16	7	1	40
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	6,2	4	5,4	9,1	24,7
Zikaden					0
Wanzen	1	5	1		7
Heuschrecken					0
Nacktschnecken	1				1
Gehäuseschnecken			3		3
Ohrwürmer	3	4			7
Hautflügler			1	2	3

Fallenauswertung : XII: 21.09.1993

Objekt: HP ex					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	1	2		1	4
Spinnen	4	2	3	2	11
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen					0
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven			1	1	2
Fliegen/Mücken	12,1	5,8	9,5	5,8	33,2
Zikaden					0
Wanzen	11	1			12
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer					0
Hautflügler	1	1			2

Objekt: KH					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer			1		1
Spinnen	2	8	4	3	17
Asseln					0
Würmer					0
Ameisen	12	9	14	6	41
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	1	1	1	2	5
Fliegen/Mücken	4,3	10,14	7,6	8,8	30,84
Zikaden	3	4	3	1	11
Wanzen		2		2	4
Heuschrecken					0
Nacktschnecken					0
Gehäuseschnecken	2	2	2	1	7
Ohrwürmer					0
Hautflügler		2	2	2	6

Objekt: KiGa					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	7	11	2	2	22
Spinnen	7	4		2	13
Asseln		2	3	1	6
Würmer					0
Ameisen	1			11	12
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven	1	2			3
Fliegen/Mücken	2,4	4,4	8,2	3,11	18,11
Zikaden	8	5	1		14
Wanzen					0
Heuschrecken	2				2
Nacktschnecken	37	29	31	34	131
Gehäuseschnecken	1		7	1	9
Ohrwürmer					0
Hautflügler		2			2

Objekt: HP int					
Fallen:					
Tiergruppe:	1	2	3	4	Summe:
Käfer	3	6	2		11
Spinnen	4	2	1	1	8
Asseln	61	81	101	9	252
Würmer					0
Ameisen	5	4		4	13
Hundertfüßler					0
Taußendfüßler					0
Larven					0
Fliegen/Mücken	6,2	2,2	13,2	3,3	24,9
Zikaden			2		2
Wanzen	4		7		11
Heuschrecken					0
Nacktschnecken		2	17	1	20
Gehäuseschnecken					0
Ohrwürmer	1	1	1		3
Hautflügler			1		1

2.5.2 Beschreibung der untersuchten Dächer

Als Untersuchungsobjekte standen im Raum Böblingen/Sindelfingen mehrere extensive und intensive Flachdachbegrünungen zur Auswahl, wovon letztendlich vier Dächer näher untersucht wurden.

Auswahlkriterien waren die möglichst freie, windexponierte Lage und die unterschiedliche Substrathöhe der einzelnen Dachbegrünungen. Es sollten Dachbegrünungen mit unterschiedlichem Schichtaufbau vergleichend untersucht werden.

Alle vier untersuchten Dächer sind Flachdächer und sollen folgendermaßen bezeichnet werden (Anordnung nach steigendem Schichtaufbau, von "extensiv" bis "intensiv"):

Dach 1:	Hewlett-Packard (extensiv) :	HP ex
Dach 2:	Krankenhaus:	KH
Dach 3:	Kindergarten:	KiGa
Dach 4:	Hewlett-Packard (intensiv):	HP int

Abb. 5 zeigt die Lage der Untersuchungsobjekte im Stadtgebiet Böblingen/Sindelfingen.



Abb. 4: Blick auf das Industriegelände Böblingen-Hulb [mit *HP ex* (links) und *HP int* (rechts)]

Im Folgenden werden die untersuchten Dächer einzeln beschrieben, in Kapitel 2.5.2.5 auf Seite 25 findet sich eine zusammenfassende Übersicht.