

Untersuchung über die Laufkäferfauna (*Carabidae*)
im Sihlwald unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung als
Beutetiere für den Dachs (*Meles meles* L.)

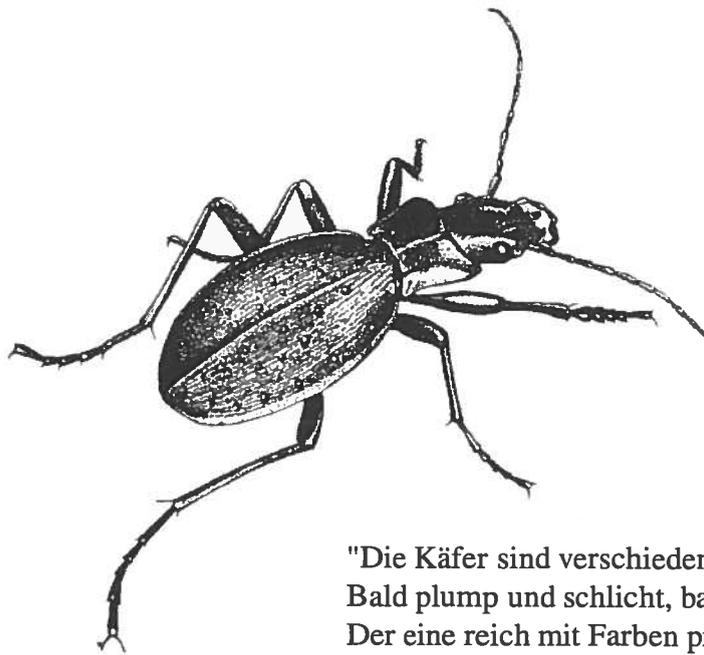
Aktivitätsdichte von Carabiden in verschiedenen Beständen des Sihlwalds

Diplomarbeit von Marion Schmid

Januar 2001

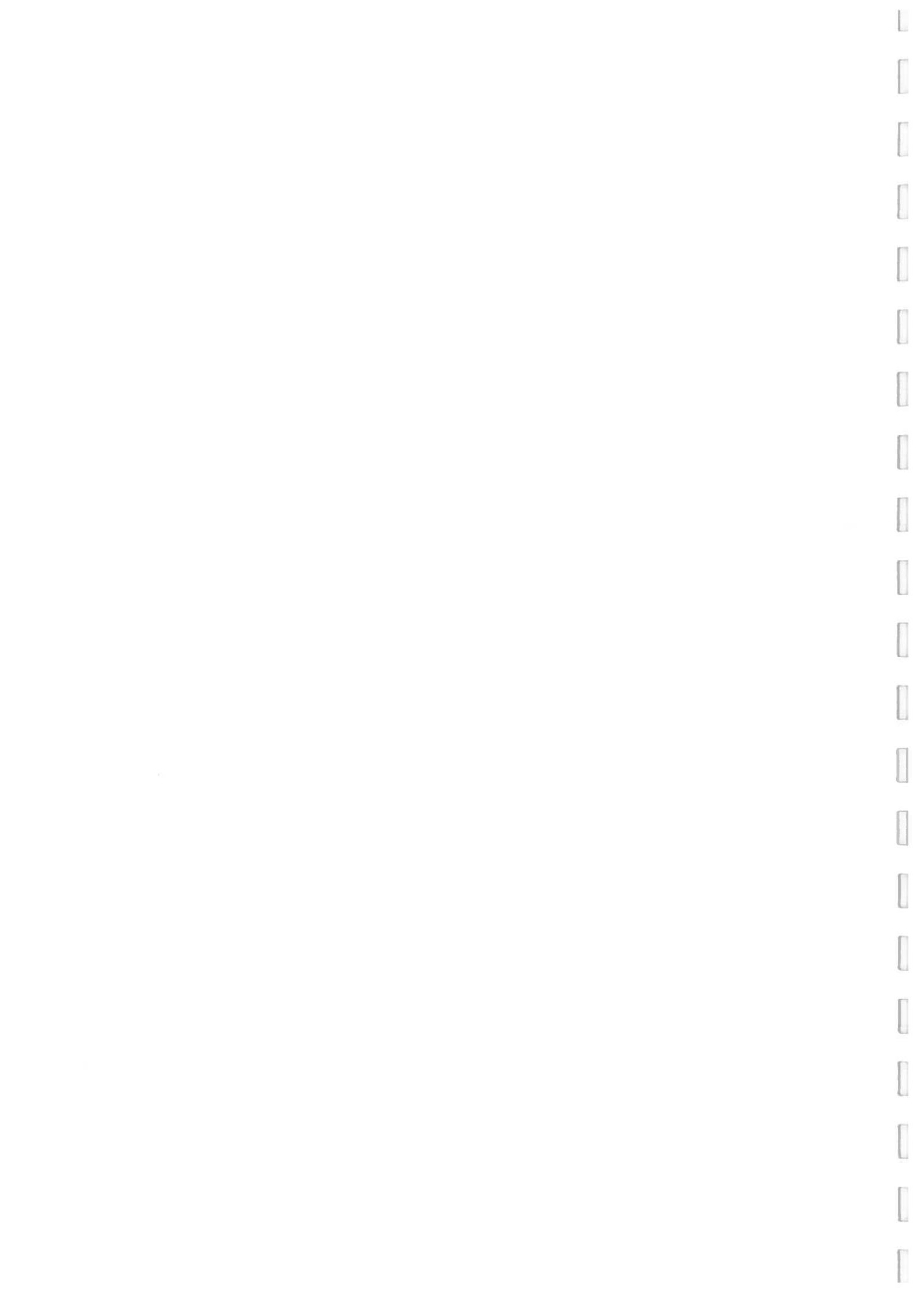
Ausgeführt unter der Leitung von Prof. Dr. B. Nievergelt und K. Hindenlang
in der Arbeitsgruppe Wildforschung und Naturschutzökologie
am Zoologischen Institut der Universität Zürich
Fakultätsvertretung durch Prof. Dr. H.-U. Reyer

Titelblatt: *Carabus auronitens* (Foto aus WACHMANN et al. 1995).



"Die Käfer sind verschiedener Art,
Bald plump und schlicht, bald schön und zart.
Der eine reich mit Farben prunkt,
Der andre nur mit Strich und Punkt.
Wenn er aus seinem Ei geschlüpft,
Vorsichtig er die Flügel lüpf.
Er fliegt und kriecht und hüpf nicht gleich:
Er ist fürs Leben noch zu weich.
Erst wenn sich Brust und Schwingen härten,
Braust er durch Wiese, Wald und Gärten.
Ja, Käfer gibt es ganze Haufen.
Am wichtigsten sind die, die laufen."

Eugen Roth



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	7
1. EINLEITUNG	9
1.1 Die Naturlandschaft Sihlwald als Forschungsobjekt	10
1.2 Ökologische Ansprüche der Laufkäfer	10
1.3 Laufkäfer als Beutetiere im Sihlwald	11
1.4 Fragestellungen	12
2. UNTERSUCHUNGSGEBIET	13
3. METHODEN ZUR DATENAUFNAHME UND AUSWERTUNG	15
3.1 Auswahl der Probeflächen	16
3.2 Fallenordnung und Fang	16
3.3 Artbestimmung	18
3.4 Aufnahme der Umweltfaktoren	19
3.5 Statistische Auswertung	21
4. RESULTATE	27
4.1 Artenspektrum (Frage 1)	28
4.2 Aktivitätsdichte und Biomasse der Laufkäfer im Jahresverlauf (Frage 2)	30
4.3 Einfluss ausgewählter Umweltfaktoren auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer im Sihlwald (Frage 3)	33
4.4 Laufkäfer als Beutetiere des Dachses (Frage 4)	41
5. DISKUSSION	45
5.1 Fangmethode	46
5.2 Artenspektrum	47
5.3 Aktivitätsdichte und Biomasse der Laufkäfer im Jahresverlauf	48
5.4 Einfluss ausgewählter Umweltfaktoren auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer im Sihlwald	49
5.5 Laufkäfer - eine zufällig aufgenommene oder qualitativ essentielle Beute des Dachses?	53
5.6 Die Bedeutung des Sihlwalds für die Laufkäferfauna	54

LITERATUR	57
DANK	63
ANHANG	65

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie leistet einen Beitrag zur carabidologischen Erstinventur im Sihlwald. Dadurch konnten die noch lückenhaften Kenntnisse über die Schweizerische Laufkäferfauna in Wäldern ergänzt werden. Im Vordergrund stand die Ermittlung der zeitlichen Verteilung der Laufkäfer und ihrer Abhängigkeit von ausgewählten Umweltfaktoren (Niederschlag, Temperatur, Waldtyp, Vegetation, Totholz) im Sihlwald, woraus sich die räumliche Verteilung der Laufkäfer ableiten liess. Im weiteren wurde untersucht, inwiefern die Laufkäfer als Beutetiere für den Dachs von Bedeutung sind. Daten zur Laufkäferfauna wurden in der Zeit vom 7. April bis 3. November 1998 über Barberfallenfänge gewonnen, die nachträglich mit Laufkäferdaten aus Dachskotanalysen verglichen wurden. Insgesamt wurden 11892 Laufkäfer gefangen, die 34 Arten und 17 Gattungen zugeordnet werden konnten. Davon machten *Abax parallelepipedus*, *Carabus auronitens*, *Pterostichus niger* und *Cychrus attenuatus* über 60% der gesamthaft gefangenen Individuen aus. Die Hauptaktivität der Laufkäfer fiel in die erste Jahreshälfte. So waren zu dieser Zeit auch die Biomasse der gefangenen Laufkäfer und die Artenzahl am höchsten. Die Aktivitätsdichte der Laufkäfer war stark temperaturabhängig. Die Verteilung der Laufkäfer wurde hauptsächlich durch den Deckungsgrad der Vegetation (Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumschicht) erklärt. Für einzelne Arten und Artengruppen konnte eine Präferenz für einen bestimmten Waldtyp nachgewiesen werden. Während der Zeit vom 7. Juli bis 1. September 1998 wurde in einem Zusatzversuch der Einfluss von Totholzstrukturen auf die Laufkäfer untersucht. Dabei wurden zusätzlich zum Hauptversuch 574 Laufkäfer gefangen und *Cychrus caraboides* konnte als weitere Art in die Artenliste aufgenommen werden. Die Totholzstrukturen hatten allerdings keinen Einfluss auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer.

Das Artenspektrum der Laufkäfer im Sihlwald entspricht dem eines typischen Buchenwaldes. Im Gegensatz zu anderen Studien konnte im Sihlwald zwischen den Waldtypen kein Unterschied in der Individuen- und Artenzahl der Laufkäfer nachgewiesen werden. In Waldbeständen mit allgemein üppiger, jedoch nicht homogen verteilter Krautschicht ist die Laufkäferaktivität im Sihlwald am höchsten.

Die Grösse der Laufkäfer scheint für den Dachs von Bedeutung zu sein. Insbesondere die Nutzung von grossen Arten war überdurchschnittlich hoch. Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse ist zu vermuten, dass der Dachs vor allem in den Sommermonaten selektiv nach grossen Laufkäfern sucht, da sie für diesen während des Sommers eine qualitativ essentielle Rolle spielen dürften.

Der Sihlwald stellt mit seiner Grösse von 10 km² und der hohen Biotopvielfalt (Relief, Geomorphologie, Pflanzensoziologie) für viele Laufkäferarten einen geeigneten Lebensraum dar. Durch die hohe Biotopvielfalt finden neben Waldarten auch Arten des Offenlandes gute Lebensbedingungen. Die feuchten Böden und die zahlreichen Bäche ermöglichen ausserdem sehr feuchtigkeitsliebenden Arten ein Besiedeln des Sihlwalds.

1. EINLEITUNG

1.1 Die Naturlandschaft Sihlwald als Forschungsobjekt

Der rund 10 km² grosse Sihlwald liegt in unmittelbarer Nähe der Stadt Zürich. 1985 lancierte das Stadtforstamt Zürich das Projekt "Naturlandschaft Sihlwald" mit dem Ziel, den Wirtschaftswald in einen Naturwald zu überführen. Im Zweckartikel der Stiftungsurkunde der Trägerschaft Stiftung "Naturlandschaft Sihlwald" steht unter anderem, dass das Wirken der natürlichen Umweltkräfte und die ungestörte Dynamik langfristig zu gewährleisten sind. Durch die hohe Biotopvielfalt (Relief, Geomorphologie, Pflanzensoziologie) und die geschützte Walddynamik sind im Sihlwald spezielle Rahmenbedingungen für ein bedeutendes Forschungsobjekt gegeben. Eines der Forschungsziele, das die Forschungskommission der "Naturlandschaft Sihlwald" als besonders dringlich erachtet, ist die Beobachtung des Einflusses der natürlichen Dynamik auf die Lebensgemeinschaften (SCHIEGG & NIEVERGELT 1998). Innerhalb der faunistischen Lebensgemeinschaften stellen Laufkäfer (*Coleoptera, Carabidae*) eine sehr geeignete Tiergruppe dar, um einen Einfluss der natürlichen Dynamik auf die Entwicklung des Artenpotentials und der Artendiversität zu untersuchen. Laufkäfer reagieren zum Teil sehr stark auf Veränderungen in der Umwelt (HEYDEMANN 1955, POSPISCHIL & THIELE 1979, POSPISCHIL 1982), weil ihr Vorhandensein oder Fehlen eng mit bestimmten Umweltfaktoren wie Licht, Feuchtigkeit und Temperatur korreliert. In der Beurteilung von Ökosystemen kommt vielen Laufkäfern deshalb eine Zeigerfunktion zu. Sie werden oft als sogenannte Bioindikatoren zur Gebietsbewertung oder zur Feststellung stofflicher Belastung herangezogen (SCHEURIG et al. 1996, WACHMANN et al. 1995). Bis heute erfolgten allerdings nur wenige Untersuchungen über die Käferfauna des Sihlwalds (z. B. SCHIEGG 1999, WELTI 1998), Daten zur Laufkäferfauna fehlen ganz. Die vorliegende Diplomarbeit leistet einen Beitrag zur carabidologischen Erstinventur im Sihlwald, ergänzt die noch lückenhaften Kenntnisse über die Schweizerische Laufkäferfauna in Wäldern dieser Höhenstufe und liefert ökologische Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Bedeutung der Laufkäfer als Beutetiere insbesondere für den Dachs (*Meles meles* L.).

1.2 Ökologische Ansprüche der Laufkäfer

Das Vorkommen und die Verteilung einer Laufkäferart im Freiland werden in erster Linie durch klimatische und biotopspezifische Bedingungen festgelegt, besonders durch solche, die auf die Larven und damit auf das empfindlichste Stadium im Entwicklungszyklus dieser Tiere einwirken (JANS 1987). Daneben besteht eine geographische Komponente bei der Verbreitung der Arten (SCHEURIG et al. 1996). Nach THIELE (1964) spielen biotische Faktoren (z. B. Nahrung, Konkurrenz) bei der Verteilung eine kleinere Rolle als abiotische Faktoren. Entscheidend für die Verteilung der Laufkäfer an einem Standort sind mikroklimatische Faktoren wie Licht, Temperatur und Feuchtigkeit (BEYER 1964, DALANG 1981, DICHT 1985, GEILER & BELLMANN 1974, LAUTERBACH 1964, POSPISCHIL & THIELE 1979, POSPISCHIL 1982, THIELE 1964). Die mikroklimatischen Faktoren hängen ihrerseits, insbesondere in Wäldern, von der

Vegetationsbedeckung der Standorte ab (DALANG 1981, BUTTERFIELD 1997, LAUTERBACH 1964, SCHEURIG et al. 1996, THIELE 1964). So zeigten viele Studien, dass die Individuen- und Artenzahl mit dem Deckungsgrad der Krautschicht positiv korreliert (z. B. BEYER 1964, DALANG 1981, LAUTERBACH 1964, NOVAK 1973, POSPISCHIL & THIELE 1979, POSPISCHIL 1982, THIELE 1964). Waldcarabiden sind überwiegend dunkelpräferent, nachtaktiv und bevorzugen hohe Feuchtigkeit (JANS 1987, THIELE 1964). Im weiteren lassen sich Arten finden, deren Verbreitung auf einzelne Pflanzengesellschaften beschränkt ist (THIELE & KOLBE 1962, THIELE 1964). In einigen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass Nadelwälder bzw. Fichtenmonokulturen im Vergleich zu anderen Waldtypen eine ärmere Laufkäferfauna aufweisen (z. B. DALANG 1981, KOLBE 1982).

Der Sihlwald bietet aufgrund seiner Grösse von 10 km² und der enormen Biotopvielfalt viele Nischen mit unterschiedlichsten mikroklimatischen Bedingungen und stellt somit einen potentiell geeigneten Lebensraum für viele Laufkäferarten dar. Es sind deshalb mehr Arten als in anderen Wäldern zu vermuten. Allgemein dürften typische Waldarten der Laubwälder überwiegen.

1.3 Laufkäfer als Beutetiere im Sihlwald

Viele Fressfeinde der Laufkäfer lassen sich bei Amphibien, Vögeln und Säugern finden. Die Laufkäfer nehmen in der Nahrungskette somit eine wichtige Stellung ein. Sie stehen unter anderem auch auf dem Speisezettel der im Sihlwald heimischen Dachse (*Meles meles* L.) und machen innerhalb der vom Dachs gefressenen Insekten den Hauptanteil aus (MINDER 1999). Im Nationalfonds-Projekt "Adjustment of spatial behaviour of badger (*Meles meles* L.) in response to a heterogeneous environment" wird die Beziehung zwischen dem Nahrungsangebot und dem Raumnutzungsverhalten der Dachse in verschiedenen Habitaten untersucht (NF-Projekt Nr. 3100-40846.94). Im Rahmen dieses Projekts ist daher auch von Interesse, inwiefern die Laufkäfer als Nahrungsressource für den Dachs von Bedeutung sind.

Wie in anderen Regionen Europas werden Insekten im Sihlwald als sekundäre Nahrungsquelle genutzt und werden vor allem dann vom Dachs in grösseren Mengen gefressen, wenn die Regenwürmer (*Lumbricidae*) als Hauptnahrungsquelle nur knapp verfügbar sind (HENRY 1984, KRUIK 1989, KRUIK & PARISH 1981, LÜPS et al. 1987, MINDER 1999, MOUCHES 1981, NEAL & CHEESEMAN 1996, ROPER & LÜPS 1995, STOCKER & LÜPS 1984). Nach MINDER (1999) liegt die durchschnittliche monatliche Auftretensfrequenz der Laufkäfer im Dachskot bei etwa 70%. Trotz der hohen Auftretensfrequenz stellen die Laufkäfer im Sihlwald mit einem durchschnittlichen Monatsvolumen von ungefähr 2% einen anteilmässig kleinen Teil der Gesamtnahrung des Dachses dar (MINDER 1999). Auffallend ist, dass die Laufkäfer in den Monaten Mai bis August mit einer sehr konstanten Auftretensfrequenz im Dachskot zu finden

sind und im Sommer auch in grösseren Mengen gefressen werden als zu anderen Zeiten im Jahr (MINDER 1999, HINDENLANG & MINDER in Vorb.). Es stellt sich die Frage, ob der Dachs die Laufkäfer als Gelegenheitsbeute gemäss ihrer räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit zu sich nimmt oder ob er insbesondere in Monaten, in denen die Regenwürmer knapp verfügbar sind, selektiv an bestimmten Standorten oder entlang von Strukturen nach Laufkäfern sucht. Im Wald liegendes Totholz könnte zum Beispiel ähnlich den Erdfurchen in Maisfeldern eine sogenannte Leitstruktur für die Laufkäfer darstellen, an der sie gerne entlang laufen (DUELLI mündl. Mitt.). Um das Nahrungswahlverhalten des Dachses bezüglich Carabiden im Sihlwald interpretieren zu können, muss deren räumliche und zeitliche Verteilung bekannt sein. Die Resultate der vorliegenden Studie dienen somit im obengenannten NF-Projekt als Grundlage zur Extrapolation der Verfügbarkeit von Laufkäfern für den Dachs über den ganzen Sihlwald.

1.4 Fragestellungen

Untersucht werden Diversität und Abundanz der Laufkäfer im Sihlwald und deren zeitliche und räumliche Verteilung. Zur Ermittlung der räumlichen Verteilung ist es notwendig, die Umweltfaktoren zu bestimmen, die die Laufkäfer in ihrer Aktivität beeinflussen.

Folgende Fragen werden durch die vorliegende Diplomarbeit beantwortet:

- 1) Welche Laufkäferarten kommen mit welcher relativen Häufigkeit im Sihlwald vor?
- 2) Welche jahreszeitliche Verteilung weist die Aktivitätsdichte der Laufkäfer auf?
- 3) Welche der ausgewählten Umweltfaktoren (Niederschlag, Temperatur, Waldtyp, Vegetation, Totholz) beeinflussen die Aktivitätsdichte und damit die räumliche Verteilung der Laufkäfer im Sihlwald?
- 4) Welche Schlüsse lassen sich aus dem Vergleich mit Daten von Dachskotanalysen aus dem Sihlwald (MINDER 1999) ziehen?
 - 4a) Nutzt der Dachs die Laufkäfer gemäss ihrer jahreszeitlichen Aktivitätsdichte?
 - 4b) Werden Laufkäferarten oder -gruppen im Vergleich zu deren Verfügbarkeit vom Dachs bevorzugt gefressen?
 - 4c) Welche Habitattypen des Sihlwalds sind für den Dachs am ergiebigsten, wenn er sich an Laufkäfern als Nahrungsressource orientiert?

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Der rund 10 km² grosse Sihlwald liegt im grössten zusammenhängenden Laubmischwald des Schweizerischen Mittellandes und befindet sich etwa 10 km südlich der Stadt Zürich im mittleren Sihltal (Abb. 1, S.17). Er wird seit über 500 Jahren forstwirtschaftlich genutzt, seit etwa 20 Jahren aber nur noch extensiv bewirtschaftet. Die Waldfläche liegt an der Ostflanke der von SSE nach NNW verlaufenden Albiskette zwischen Sihlbrugg (8° 35'E, 47° 17'N) und Langnau am Albis (8° 33'E, 47° 15'N). Die Höhenausdehnung erstreckt sich von 464 m ü.M. an der Sihl bis 914 m ü.M. auf dem Albisgrat.

Nach SPEICH (1996) zählen die hohen Niederschläge zu den Besonderheiten des Sihlwalds. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge liegt bei 1339 mm, wobei die Niederschlagsmengen in Längsrichtung von Sihlbrugg bis Langnau tendenziell eher abnehmen. Quer zum Albiskamm sind die Niederschlagsunterschiede stärker ausgeprägt als in Längsrichtung. Auf der Ostseite des Albis werden höhere Niederschlagssummen registriert als auf der Westseite (LÜDI & STÜSSI 1941). Im Jahre 1998 lag der Niederschlag im Sihlwald mit einer gemessenen Regenmenge von 1446 mm (Forsthaus Sihlwald) etwas höher als der von LÜDI & STÜSSI (1941) angegebene jährliche Niederschlagswert von 1339 mm. Sehr auffallend waren die niederschlagsreichen Herbstmonate September und Oktober.

Die im Sihltal gegebene Muldenlage zwischen Sihlwald und Sihlbrugg führt dazu, dass sich in der Nacht ein ausgeprägter Kaltluftsee bilden kann. Ebenfalls aufgrund der Muldenlage können an wolkenlosen Sommertagen die Temperaturen im Sihlwald infolge Wärmestaus stark ansteigen (BIEGGER et al. 1996). Im Jahre 1998 herrschten zu Jahresbeginn (Februar) bemerkenswert warme Temperaturen.

Geomorphologisch ist der Sihlwald eine junge Landschaft, die von einem Mosaik stabiler und labiler Standorte geprägt wird. In das teils steilabfallende oder ausgedehnte Terrassen bildende Gelände sind zahlreiche Bäche, Quellsümpfe, Ried- und Magerwiesen eingestreut (SCHIEGG & NIEVERGELT 1998). Besonders in den flachen Lagen ist der Boden sehr nährstoffreich, feucht, aber nur ausnahmsweise nass (SPEICH 1996).

Eine weitere Besonderheit des Sihlwalds ist seine pflanzensoziologische Vielfalt. So wurden 54 der 67 im Kanton Zürich bekannten Wald-Pflanzengesellschaften im Sihlwald kartiert, wobei Gesellschaften mit Buchen dominieren (SPEICH 1996). Dementsprechend stellt die Buche (*Fagus silvatica*, 39%) die Hauptbaumart dar, gefolgt von Fichte (*Picea abies*, 25%), Esche (*Fraxinus excelsior*, 11%), Weisstanne (*Abies alba*, 9%), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*, 8%), Lärche (*Larix decidua*, 2%), Eiche (*Quercus* sp., 2%) und Waldföhre (*Pinus silvestris*, 1%) (HÜNERWADEL 1993). Abgesehen von einigen reinen Fichtenbeständen, ein paar Lärchenbeständen, vereinzelt Kanadapappeln und Douglasien gilt der Sihlwald heute in grossen Teilen als sehr naturnah (SPEICH 1996).

3. METHODEN ZUR DATENAUFNAHME UND AUSWERTUNG

3.1 Auswahl der Probeflächen

Für den Laufkäferfang wurden insgesamt 18 Probeflächen im südwestlich der Sihl gelegenen Teil des Sihlwalds ausgewählt. Analog zur Untersuchung von NABULON (1998) setzten sich die Flächen aus sechs Buchen-, sechs Fichten- und sechs Mischbeständen zusammen (Abb. 1).

Die Wahl der Probeflächen in den drei Waldtypen erfolgte nach folgenden Kriterien:

Homogenität: Die Probeflächen mussten in ihrem Erscheinungsbild mehr oder weniger homogen sein und eine Fläche von mindestens 24 a aufweisen.

Variabilität: Die sechs Probeflächen pro Waldtyp mussten möglichst über die ganze Längenausdehnung des Sihlwalds verteilt sein und sich im Deckungsgrad der Krautschicht sowie in der Entwicklungsstufe der Bäume unterscheiden.

Buchen- und Fichtenbestände: Alle auf der Probefläche wurzelnden Bäume mussten zu mindestens 90% der entsprechenden Art (Buche [*Fagus sylvatica*] bzw. Fichte [*Picea abies*]) angehören.

Mischbestände: Die Probefläche musste mindestens drei Baumarten aufweisen, wobei das Vorkommen von Buche und Esche (*Fraxinus excelsior*) obligatorisch und dasjenige der Fichte erwünscht war.

3.2 Fallenordnung und Fang

Auf jeder Probefläche wurden drei Bodenfallen eingegraben, angeordnet auf einer Geraden. Innerhalb einer Probefläche durfte die Distanz zwischen zwei benachbarten Fallen nicht weniger als 10 Meter betragen. Damit war gewährleistet, dass die Fangzahl einer Falle nicht durch benachbarte Fallen beeinflusst wurde und die Zahl der gefangenen Individuen mit der Anzahl verwendeter Fallen linear anstieg (MÜLLER 1984, zitiert in DUELLI 1990). Die Mindestdistanz zwischen einer Falle und dem nächstliegenden Waldbestand betrug 20 Meter. Alle 54 Fallen (exkl. Fallen aus Zusatzversuch, Kap. 3.4, S. 19) wurden nicht unmittelbar an Strukturen wie Baumstämme oder liegendes Totholz gestellt, um einen möglichen positiven oder negativen Einfluss von Baumstämmen oder liegendem Totholz zu minimieren bzw. konstant zu halten.

Für den Fang der Laufkäfer wurden Bodenfallen nach BARBER (1931) verwendet. Das sind in den Boden ebenerdig eingelassene mit Fangflüssigkeit versehene Behälter, die die laufaktive, epigäische Fauna in hohem Masse erfassen (MÜHLENBERG 1993). Die artspezifische lokomotorische Aktivität der Laufkäfer ist dabei entscheidend für den Fangerfolg mit diesen Fallen. Die Fangergebnisse entsprechen somit einer sogenannten **Aktivitätsdichte** oder **Aktivitätsabundanz**.

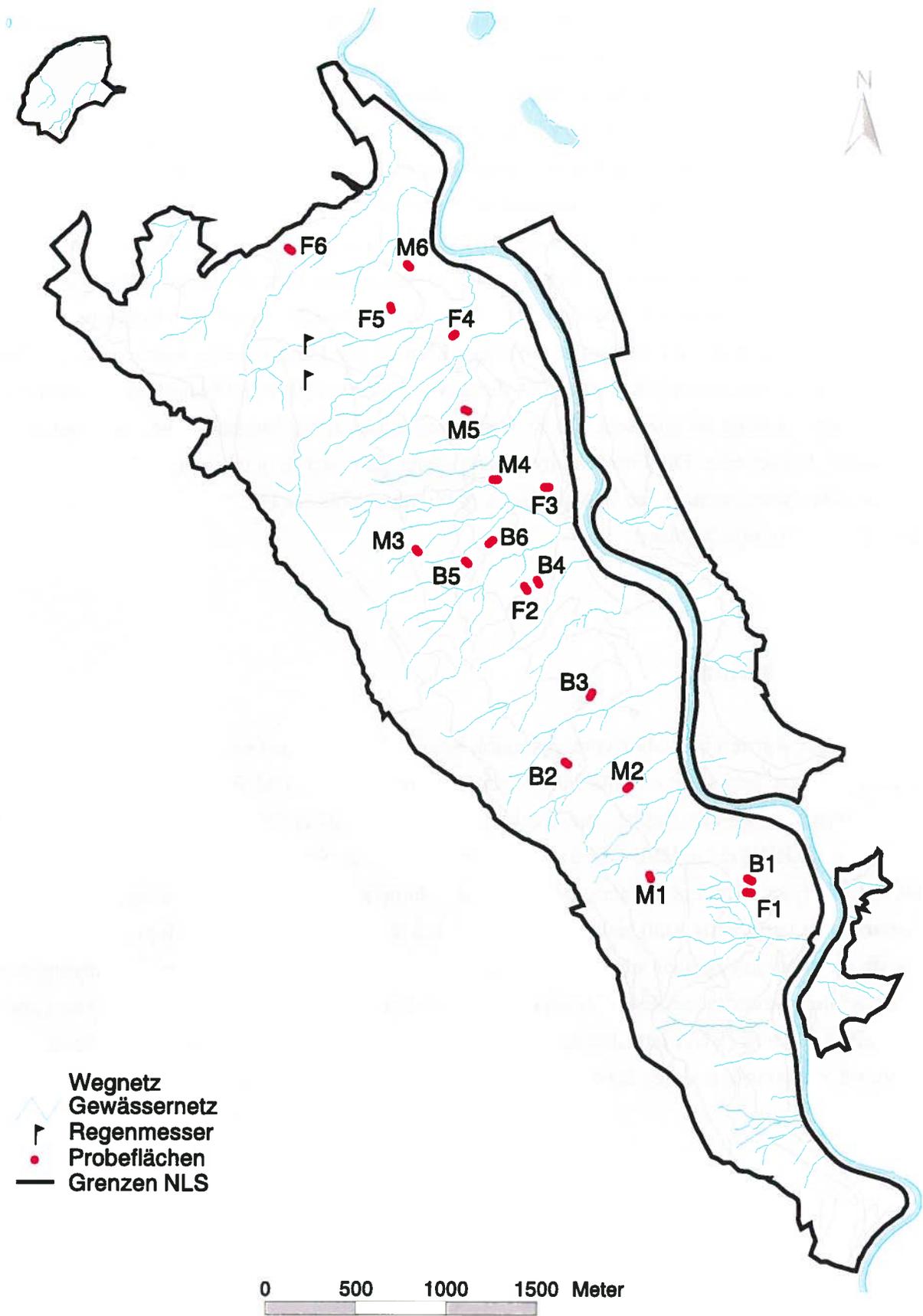


Abb. 1: Standorte der Probeflächen in der "Naturlandschaft Sihlwald" (NLS). B= Buchenbestand, F= Fichtenbestand, M= Mischbestand.

Im Hinblick auf Vergleichbarkeit mit anderen Gebieten wurden standardisierte Barberfallen der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft verwendet. Diese Fallen bestehen aus einem Plastikrohr (Länge: 33 cm, Durchmesser: 16 cm), einer Plastikfangflasche (750 ml) und einem auf die Fangflasche aufschraubbaren Trichter (oberer Durchmesser: 16 cm, unterer Durchmesser: 3.5 cm). Das Rohr wurde am Fangort mit seinem oberen Rand ebenerdig eingegraben und der Trichter mit angeschraubter Fangflasche bündig eingesetzt. Das Plastikrohr stützte die Erde, sodass diese durch das mehrmalige Auswechseln der Fangflasche nicht einstürzte. Ein in die Verengung des Trichters angebrachtes Drahtkreuz sollte den Fang von kleineren Wirbeltieren wie Mäusen und Fröschen verhindern. Über der Falle wurde ein auf eine Holzkonstruktion gelegtes und mit Steinen beschwertes Plastikdach (33 × 33 cm) angebracht, damit kein Regenwasser oder herabfallendes Laub in die Fangflasche gelangen konnte. Die Fangflaschen waren zu einem Viertel mit 2%iger Formaldehydlösung gefüllt, der etwas Geschirrspülmittel beigelegt war, um die Oberflächenspannung herabzusetzen. Die Tiere wurden durch das Formaldehyd abgetötet und gleichzeitig konserviert. Die Formaldehydlösung jeder Falle wurde jeweils nach 3 Fangeinsätzen erneuert. Die Fallen waren vom 7. April bis 3. November 1998 im Einsatz und wurden während dieser Zeit wöchentlich geleert.

3.3 Artbestimmung

Die Laufkäfer wurden im Labor vom gesamten Fangmaterial aussortiert, unter dem Binokular bis auf Artniveau bestimmt und die Individuenzahl pro Art, Falle und Woche notiert.

Als Bestimmungsliteratur dienten die Werke von TRAUTNER & GEIGENMÜLLER (1987) und FREUDE, HARDE & LOHSE (1976). Falls nötig wurde der Supplementband von LOHSE & LUCHT (1989) als Ergänzung herangezogen. Die Weibchen der Arten *Trichotichnus nitens* und *Trichotichnus laevicollis* sind sich sowohl äusserlich als auch genitalmorphologisch so ähnlich, dass sie nicht unterscheidbar sind. Diese zwei Arten wurden deshalb unter dem Gattungsnamen *Trichotichnus* zusammengefasst. Henryk Luka vom Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FIBL) in Frick (BL) kontrollierte einige Individuen von Arten, die schwierig zu bestimmen waren, oder Individuen, deren Bestimmung unsicher war.

Nach erfolgter Artbestimmung wurden für den wöchentlichen Fang jeder Falle die folgenden abhängigen Variablen ermittelt:

Tab. 1: Abhängige Variablen ("Laufkäfervariablen").

Variable	Einheit
1) Anzahl Individuen	
2) Biomasse der gefangenen Laufkäfer [^]	mg (Milligramm)
3) Anzahl Arten	
4) Anzahl Individuen der Grössenklasse 1 *	
5) Biomasse der Grössenklasse 1 [^]	mg (Milligramm)
6) Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 *	
7) Biomasse der Grössenklasse 2 [^]	mg (Milligramm)
8) Anzahl Individuen der Grössenklasse 3 *	
9) Biomasse der Grössenklasse 3 [^]	mg (Milligramm)
10) Anzahl Individuen der Grössenklasse 4 *	
11) Biomasse der Grössenklasse 4 [^]	mg (Milligramm)
12) Anzahl Individuen pro Art	

* Die Laufkäfer wurden in vier Grössenklassen eingeteilt:

Grössenklasse 1: Laufkäfer mit durchschnittlicher Körperlänge von **05.0 - 09.9 mm**

Grössenklasse 2: Laufkäfer mit durchschnittlicher Körperlänge von **10.0 - 14.9 mm**

Grössenklasse 3: Laufkäfer mit durchschnittlicher Körperlänge von **15.0 - 19.9 mm**

Grössenklasse 4: Laufkäfer mit durchschnittlicher Körperlänge von **>= 20.0 mm**

[^] Die Biomasse wurde nach der von JAROSIK (1989) entwickelten Formel berechnet:

$$Biomasse = 0.03069 (Körperlänge)^{2.63885}$$

3.4 Aufnahme der Umweltfaktoren

Witterung

Niederschlag: Für die Niederschlagsaufnahmen wurden eine ca. 200 m südlich der Lichtung "Summerhalden" gelegene Fläche im Wald und als Referenzstandort die Lichtung selbst ausgewählt. Nach BIEGGER et al. (1996) eignet sich die Lichtung "Summerhalden" zwar nur als mässig guter Referenzstandort. Der Aufnahmestandort im Wald war für die untersuchte Tiergruppe aber ausschlaggebender und wird von BIEGGER et al. (1996) als gut bezeichnet. Zur Ergänzung wurden Niederschlagsdaten herangezogen, die von Förster A. Reifler beim Forsthaus Sihlwald täglich aufgenommen wurden. Zusätzlich standen Niederschlagsdaten der ANETZ-Station Wädenswil zur Verfügung. Sowohl in der Lichtung "Summerhalden" als auch im Wald wurden je zwei Regenmesser aufgestellt. Im Wald wurden diese so platziert, dass der Deckungsgrad

der Baumschicht über den beiden Regenmessern eine möglichst unterschiedliche Ausprägung aufwies. Auf Niederschlagsmessungen in den einzelnen Probeflächen wurde verzichtet, da sich nach NABULON (1998) die Niederschlagsmengen innerhalb des Waldes nicht unterscheiden. Die Niederschlagsmengen wurden jeweils dienstags und freitags während der gesamten Untersuchungsperiode abgelesen und notiert.

Temperatur: Die Temperaturmessungen erfolgten mit je einem Universal Temperatur Logger (Version 2.0) des Geographischen Instituts der Universität Zürich auf dem Waldstandort und in der Lichtung. Die Logger wurden so eingestellt bzw. angebracht, dass während der gesamten Untersuchungsperiode alle 30 min. die aktuelle Lufttemperatur in 5 cm Höhe ab Boden gemessen und digital registriert wurde. Die aufgenommenen Daten konnten vom Logger via Datenkabel direkt auf den Computerspeicher übertragen werden. Leider gab es an beiden Standorten Messausfälle. Für den Waldstandort traf dies in der Zeit vom 4. bis 25. August 1998 und vom 6. bis 27. Oktober 1998 zu. In der Zeitspanne vom 11. bis 25. August 1998 fehlen die Temperaturdaten für die Lichtung. Deshalb wurden zusätzlich Temperaturdaten der ANETZ-Station Wädenswil herangezogen.

Deckungsgrad der Vegetationsschichten

Für jede Falle wurde zweimal im Verlaufe der Fangperiode (anfangs Mai und ende Juli/anfangs August) der Deckungsgrad der Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumschicht geschätzt. Die Einteilung der Vegetationsschichten erfolgte nach BRAUN-BLANQUET (1964), wobei die Baumschichten zu einer zusammengefasst wurden. Die Aufnahmen wurden auf einer Fläche von 25 m² (5×5 m) und auf einer Fläche von 100 m² (10×10 m) um jede Falle durchgeführt, um den Einfluss der näheren bzw. weiteren Umgebung auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer abschätzen zu können (Tab. 2). Mit einer Grösse von 100 m² war für die Analyse der weiteren Umgebung gewährleistet, dass sich die Aufnahmeflächen für die drei Fallen pro Probefläche nicht überschneiden, d. h. als unabhängig voneinander behandelt werden konnten. Die Aufnahmefläche von 25 m² für die Analyse der näheren Umgebung wurde aufgrund einer Untersuchung von RIECKEN & RIES (1992) gewählt. Diese stellten fest, dass ungefähr 70% aller beobachteten Lederlaufkäfer (*Carabus coriaceus*), die grössten im Sihlwald vorkommenden Laufkäfer, eine Luftliniendistanz von 0 bis 5 Metern innerhalb ihrer nächtlichen Aktivitätszeit zurücklegten.

Tab. 2: Unabhängige Variablen ("Vegetationsvariablen").

Variable	Abkürzung der Variable	Einheit
1) Moosschicht im Umkreis von 25 m ²	MS 25	%
2) Krautschicht im Umkreis von 25 m ²	KS 25	%
3) Strauchschicht im Umkreis von 25 m ²	SS 25	%
4) Baumschicht im Umkreis von 25 m ²	BS 25	%
5) Moosschicht im Umkreis von 100 m ²	MS 100	%
6) Krautschicht im Umkreis von 100 m ²	KS 100	%
7) Strauchschicht im Umkreis von 100 m ²	SS 100	%
8) Baumschicht im Umkreis von 100 m ²	BS 100	%

Totholz

In einem Zusatzversuch wurden sechs Barberfallen unmittelbar neben liegende Totholzstrukturen angebracht, um den Einfluss von Totholz auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer abschätzen zu können (vgl. Kap. 1.3, S. 11). Diese "Totholz-Fallen" waren einzeln auf je zwei Buchen- Fichten- und Mischbestände verteilt, die bereits mit einem Fallentrio ("Nicht-Totholz-Fallen") aus dem Hauptversuch bestückt waren (vgl. Kap. 3.2, S. 16). In Bezug auf die Distanz zu einer benachbarten Falle bzw. zum nächstliegenden Waldtyp galten für die "Totholz-Fallen" dieselben Kriterien wie die in Kapitel 3.2, S. 16 beschriebenen. Die "Totholz-Fallen" waren vom 7. Juli bis 1. September 1998 im Einsatz.

3.5 Statistische Auswertung

Alle Tests wurden, wenn nicht anders vermerkt, auf dem Signifikanzniveau von 5% mit dem Statistikpaket SPSS Version 6.1 auf Apple Macintosh durchgeführt. Als Tendenz bezeichnet werden Resultate mit einem p-Wert zwischen 0.05 und 0.1. Die Auswertungen erfolgten mit den in Tabelle 1, S. 19 aufgelisteten abhängigen Variablen. Wenn nicht anders erwähnt, wurde für die statistischen Auswertungen ein Mittelwert über die drei Fallen pro Probefläche gebildet. Die Werte der drei Fallen fielen durchwegs sehr ähnlich aus.

Jahreszeitliche Unterschiede (Frage 2)

Die Untersuchungsperiode wurde zur Ermittlung eines jahreszeitlichen Unterschieds in die beiden Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst aufgeteilt. Der Frühling umfasste die Wochen vom 7. April bis 14. Juli 1998 (n=14). Der Sommer/Herbst dauerte vom 14. Juli bis 3. November

1998 (n=16). Für jede der abhängigen Variablen (Tab. 1, S. 19) wurde ein Mittelwert über die einzelnen Probeflächen (n=18) pro Jahreszeit berechnet und die beiden Stichproben mit dem Wilcoxon-Vorzeichenrangtest auf mögliche Unterschiede getestet.

Eine zweite Auswertung wurde mit der von MINDER (1999) vorgenommenen jahreszeitlichen Einteilung durchgeführt, um den Vergleich mit den aus der Dachskotanalyse gewonnenen Daten zu gewährleisten. Hier umfasste der Frühling die Wochen vom 7. April bis 2. Juni 1998 (n=8), der Sommer die Wochen vom 2. Juni bis 1. September 1998 (n=13) und der Herbst die Wochen vom 1. September bis 3. November 1998 (n=9). Für die abhängigen Variablen (Tab. 1, S. 19) wurde wiederum ein Mittelwert über die einzelnen Probeflächen (n=18) pro Jahreszeit gebildet. Die Jahreszeiten wurden anschliessend mit der Friedman-Zwei-Weg-Rang-Analyse miteinander verglichen. Bei Signifikanz wurden die Jahreszeiten mit dem Wilcoxon-Vorzeichenrangtest paarweise auf mögliche Unterschiede getestet. Das Signifikanzniveau wurde hierzu nach der Methode von Bonferroni korrigiert (ZAR 1984).

Einfluss der Umweltfaktoren (Frage 3)

Niederschlag: Die Niederschlagsmengen der je zwei Regenmesser, die in der Lichtung "Summerhalden" bzw. im Wald aufgestellt worden waren, wurden pro Ablesedatum gemittelt. Darauf wurden die berechneten Mittelwerte pro Aufnahmestandort und Woche zusammengezählt. Die täglich aufgenommenen Niederschlagsmengen beim Forsthaus Sihlwald und der ANETZ-Station Wädenswil wurden ebenfalls zu einer wöchentlichen Niederschlagsmenge aufsummiert. Die wöchentlichen Niederschlagsmengen wurden mittels Spearman-Rangkorrelation mit der Anzahl gefangener Laufkäfer pro Woche verglichen.

Temperatur: Für die Aufnahmestandorte Lichtung "Summerhalden" und Wald wurde eine wöchentliche Durchschnittstemperatur ermittelt, zu deren Berechnung die registrierten Messungen ab 18 Uhr des ersten Wochentages bis um 18 Uhr des letzten Wochentages verwendet wurden (n=336). Die täglichen Temperaturmittelwerte, die von der ANETZ-Station Wädenswil aufgezeichnet wurden, dienten der Berechnung der wöchentlichen Durchschnittstemperatur in Wädenswil. Die wöchentlichen Durchschnittstemperaturen wurden mittels Spearman-Rangkorrelation mit der Anzahl gefangener Laufkäfer pro Woche verglichen.

Waldtyp und Vegetation: Die Untersuchungsperiode wurde in die beiden Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst aufgeteilt (vgl. oben), um zu ermitteln, ob die Umweltfaktoren "Waldtyp" und "Vegetation" auf die Laufkäferfauna einen Einfluss haben. Für jede der zwölf abhängigen Variablen ("Laufkäfervariablen", Tab. 1, S. 19) wurde ein Mittelwert über die einzelnen Probeflächen (n=18) pro Jahreszeit gebildet. Jede der acht unabhängigen Variablen ("Vegetationsvariablen", Tab. 2), die im Mai 1998 aufgenommen worden waren, wurden pro Probefläche

(n=18) gemittelt. Dasselbe wurde für die "Vegetationsvariablen" (n=8, Tab. 2), die im Juli/August 1998 aufgenommen worden waren, durchgeführt. Eine univariate Varianzanalyse mit repeated measures-Design kam zur Anwendung, um einen Einfluss des "Waldtyps" nachzuweisen. Der Waldtyp (n=3) floss als Faktor und die "Vegetationsvariablen" (n=16) als Covariaten in die Analyse ein. Nach Betrachtung der Residuen wurden die "Laufkäfervariablen" (Tab. 1, S. 19) wenn nötig transformiert (Wurzel- oder Logarithmustransformation). Ergab sich aufgrund der Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied zwischen den Waldtypen, wurde ein Bonferroni-Test (multipler t-Test mit Alpha-Korrektur nach Bonferroni) durchgeführt. Die beiden Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst wurden zusätzlich getrennt nach demselben Prozedere analysiert (univariate Varianzanalyse ohne repeated measures-Design). Nach erfolgter Varianzanalyse wurden die "Laufkäfervariablen" (Tab. 1, S. 19) der beiden Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst getrennt ($n_{1,2}=18$) einer multiplen Regression (backward multiple regression) mit den "Vegetationsvariablen" (n=8, Tab. 2, S. 21) als erklärende (unabhängige) Variablen unterzogen, um einen Einfluss der "Vegetation" auf die Laufkäferfauna aufzudecken.

Totholz: Für den Vergleich der "Totholz-Fallen" (n=6) mit den "Nicht-Totholz-Fallen" (n=6) kam ein Wilcoxon-Vorzeichenrangtest für zwei abhängige Stichproben zur Anwendung. Zur Feststellung eines Unterschieds hinsichtlich der Anzahl Arten (Tab. 1, S. 19) wurde pro Probefläche eine Falle aus den drei "Nicht-Totholz-Fallen" zufällig ausgewählt. Es wurde kein Mittelwert aus den drei Fallen gebildet wie für die obigen Analysen, da sich die Artenzahl mit zunehmender Fallenzahl erhöht (DUELLI et al. 1990). Anschliessend kam wiederum ein Wilcoxon-Vorzeichenrangtest für zwei abhängige Stichproben zur Anwendung.

Vergleich der Fangdaten mit der Nahrungsnutzung des Dachses (Frage 4)

Voraussetzungen: Die Arten der Gattungen *Carabus* und *Cychrus* liessen sich im Dachskot vor allem dank auffälliger Färbung, Deckflügelstrukturen und den charakteristischen Mundapparaten bis auf Artniveau bestimmen (MINDER 1999). *Pterostichus burmeisteri* und die Gattung *Poecilus* waren ebenfalls relativ gut zu erkennen (MINDER 1999). Viele schwarzgefärbte Arten konnten zwar der Familie *Carabidae* zugeordnet werden, waren aber nicht bis auf Artniveau bestimmbar (MINDER 1999). Diese Arten wurden nach MINDER (1999) unter dem Gruppennamen "Schwarze" zusammengefasst. Dazu zählten vor allem Arten der Gattungen *Abax* und *Pterostichus*. Für den Vergleich der Fangdaten mit der Nahrungsnutzung des Dachses wurden aufgrund der nach MINDER (1999) gemachten Bestimmungen und Einteilungen *Nebria brevicollis*, *Pterostichus nigrita*, *niger*, *melanarius*, *madidus*, *cristatus* und *Pterostichus oblongopunctatus* sowie alle Arten der Gattung *Abax* zur Artengruppe "Schwarze" gezählt. Die kleinsten in den Barberfallen gefundenen Laufkäfer (Grössenklasse 1, vgl. Tab. 1, S. 19) konnten im Dachskot nie nachgewiesen werden (MINDER 1999) und wurden deshalb für die Auswertungen zu Frage 4 (vgl. Kap. 1.4, S. 12) nicht berücksichtigt.

Nutzung der Laufkäfer im Jahresverlauf (Frage 4a): Für alle Arten und Artengruppen, die in den Barberfallen nachgewiesen werden konnten, wurde die Aktivitätsfrequenz und die "Verfügbarkeit" pro Probefläche und Woche berechnet.

Aktivitätsfrequenz: Die Aktivitätsfrequenz gibt an, mit welcher relativen Häufigkeit eine Art oder Artengruppe im Sihlwald nachgewiesen werden konnte. Zur Berechnung wurden Boole'sche Werte verwendet (0=Art/Artengruppe nicht vertreten / 1=Art/Artengruppe vertreten): *Aktivitätsfrequenz der Art i (%) = (Anzahl Probeflächen mit der Art i / Gesamtzahl Probeflächen) * 100*

Verfügbarkeit: Die "Verfügbarkeit" gibt an, wie gross der Anteil der gefangenen Individuen einer Art oder Artengruppe an der Gesamtzahl gefangener Individuen ist. Sie wurde mit folgender Formel berechnet:

*"Verfügbarkeit" der Art i (%) = (Anzahl Individuen der Art i / Gesamtzahl Individuen) * 100*

Für alle Arten und Artengruppen, die im Dachskot zu finden waren, wurde die Auftretensfrequenz und der "Individuenanteil" pro Kotprobe berechnet:

Auftretensfrequenz: Die Auftretensfrequenz gibt an, mit welcher relativen Häufigkeit eine Art oder Artengruppe im Dachskot nachgewiesen werden konnte. Zur Berechnung wurden Boole'sche Werte verwendet (0=Art/Artengruppe nicht vertreten / 1=Art/Artengruppe vertreten): *Auftretensfrequenz der Art i (%) = (Anzahl Kotproben mit der Art i / Gesamtzahl Kotproben) * 100*

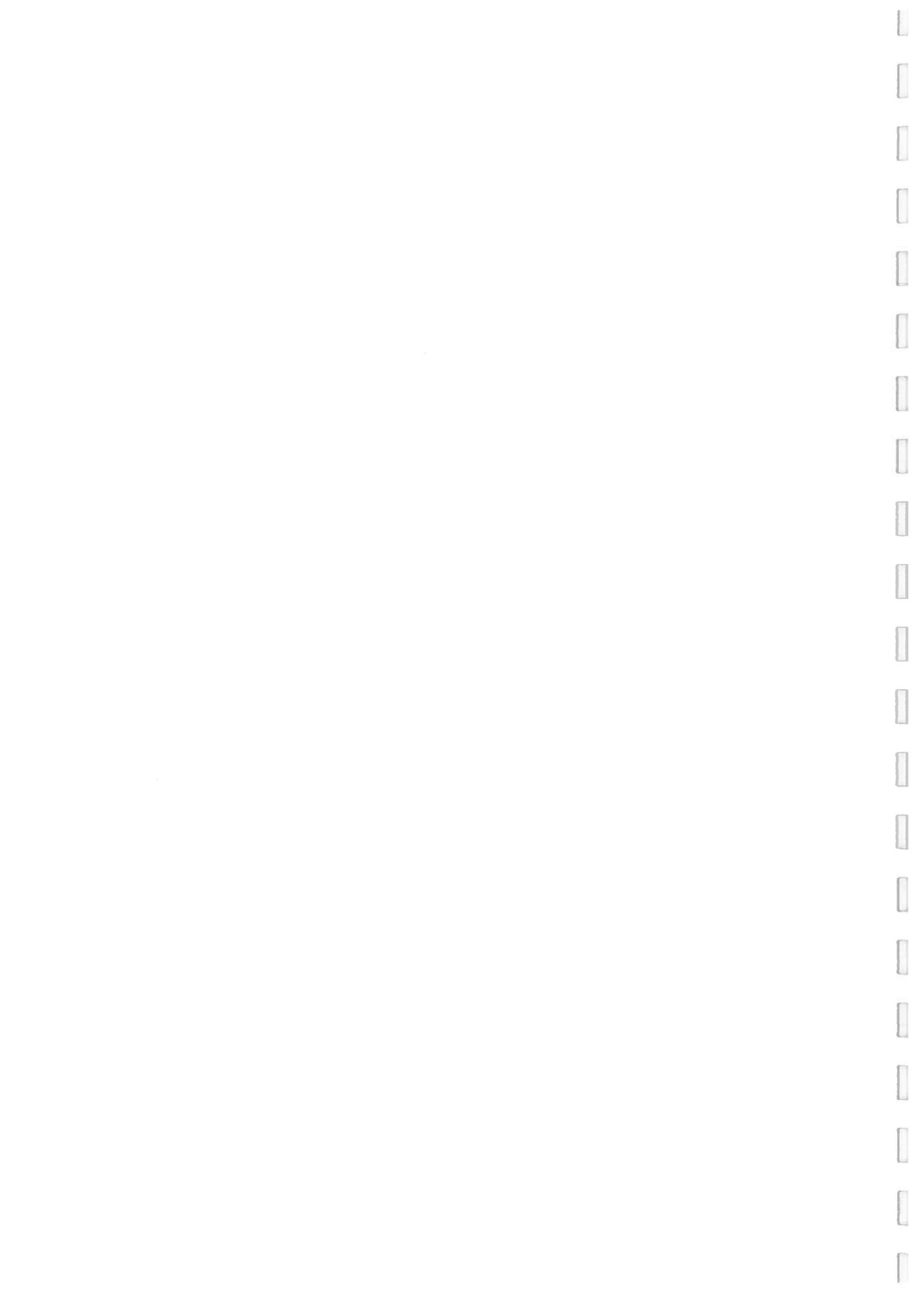
Individuenanteil: Der "Individuenanteil" gibt an, wie gross der Anteil der nachgewiesenen Individuen einer Art oder Artengruppe an der Gesamtzahl nachgewiesener Individuen einer Kotprobe ist. Die Formel lautet:

*"Individuenanteil" der Art i (%) = (Anzahl Individuen der Art i im Kot j / Gesamtzahl Individuen im Kot j) * 100*

Für jede Art und Artengruppe wurden die berechneten Aktivitätsfrequenzen sowie die "Verfügbarkeiten" pro Probefläche und Woche bzw. die berechneten Auftretensfrequenzen sowie die "Individuenanteile" pro Dachskotprobe für die Monate April, Mai, Juni, Juli, August und für die Monatsgruppe September/Okttober gemittelt. Die Monate September und Oktober wurden aufgrund der geringen Stichprobengrösse zusammengefasst. Die Stichprobengrössen pro Monat sind im Anhang I aufgelistet. Für den Vergleich des Jahresverlaufs der Aktivitätsfrequenz der Laufkäfer im Sihlwald mit demjenigen der Auftretensfrequenz der Laufkäfer im Dachskot kam eine Spearman-Rangkorrelation zur Anwendung. Mit derselben Methode wurden die Jahresverläufe der "Verfügbarkeit" der Laufkäfer im Sihlwald mit dem "Individuenanteil" der Laufkäfer im Dachskot miteinander verglichen. Derselbe Vergleich wurde für jede der vier Frequenzklassen durchgeführt, die aufgrund der durchschnittlichen Auftretensfrequenz pro Monat bzw. Monatsgruppe gebildet wurden.

- Frequenzklasse 1:** Arten und Artengruppen, die mit einer durchschnittlichen Monatsfrequenz von **1-10%** im Dachskot nachgewiesen werden konnten.
- Frequenzklasse 2:** Arten und Artengruppen, die mit einer durchschnittlichen Monatsfrequenz von **11-25%** im Dachskot nachgewiesen werden konnten.
- Frequenzklasse 3:** Arten und Artengruppen, die mit einer durchschnittlichen Monatsfrequenz von **26-50%** im Dachskot nachgewiesen werden konnten.
- Frequenzklasse 4:** Arten und Artengruppen, die mit einer durchschnittlichen Monatsfrequenz von **>50%** im Dachskot nachgewiesen werden konnten.

Überdurchschnittliche Nutzung von Arten und Artengruppen im Vergleich zu ihrer "Verfügbarkeit" (Frage 4b): Die oben berechneten monatlichen "Individuenanteile" einer Art oder Artengruppe wurden mit der "Verfügbarkeit" derselben Art oder Artengruppe im Sihlwald mit dem Mann-Whitney-U-Test verglichen, um herauszufinden, ob der Dachs gewisse Arten und/oder Artengruppen im Vergleich zu deren "Verfügbarkeit" im Sihlwald bevorzugt frisst.



4. RESULTATE

4.1 Artenspektrum (Frage 1)

Während der Untersuchungszeit vom 7. April bis 3. November 1998 wurden 11892 Laufkäfer gefangen (exkl. Zusatzversuch, vgl. Kap. 4.3, S. 33), die 34 Arten und 17 Gattungen zugeordnet werden konnten. 20 Arten (63%) entsprachen dem Entwicklungstyp der Frühjahrsfortpflanze (Imaginalüberwinterer) und 11 Arten (34%) jenem der Herbstfortpflanze (Larvalüberwinterer). *Abax parallelepipedus* war die einzige Art, die instabile Fortpflanzungsverhältnisse zeigt (Tab. 3). Wie aus Tab. 3 hervorgeht, wurden vor allem jene Laufkäferarten in hohen Zahlen gefangen, die als ausgesprochene Waldarten bezeichnet werden. Beinahe alle Arten, die nur in geringen Individuenmengen vorlagen, waren keine oder zumindest keine ausgesprochene Waldarten. Werden die Aktivitätsdominanzen (= relative Häufigkeit einer Art in Prozent) in Dominanzklassen nach MÜHLENBERG (1993) eingeteilt, waren im Sihlwald vier eudominante (Anteil von >10%), zwei dominante (5 - 10%), sechs subdominante (2 - 5%), fünf rezedente (1 - 2%) und siebzehn subrezedente (<1%) Arten zu finden. Mit einem Anteil von 29% war *Abax parallelepipedus* die häufigste Art, gefolgt von *Carabus auronitens* (13%), *Pterostichus niger* (11%) und *Cychrus attenuatus* (10%). Während *Abax parallelepipedus*, *Carabus auronitens* und *Cychrus attenuatus* mehr oder weniger gleichmässig über den ganzen Sihlwald verteilt waren, konnte *Pterostichus niger* in zehn Probeflächen gar nicht oder nur in geringer Individuenzahl nachgewiesen werden (Anhang III). Auffallend hoch waren die Individuenzahlen von *Platynus assimilis* in den Probeflächen M1 und M2 (Anhang III). Nur je ein Exemplar wurde von *Carabus cancellatus*, *Carabus glabratus*, *Poecilus versicolor* und *Pterostichus nigrita* gefunden (Tab. 3). Von den 34 Arten konnten 10 Arten der Grössenklasse 1 (05.0 - 09.9 mm), 11 Arten der Grössenklasse 2 (10.0 - 14.9 mm), 6 Arten der Grössenklasse 3 (15.0 - 19.9 mm) und 7 Arten der Grössenklasse 4 (\geq 20.0 mm) zugeordnet werden (Tab. 3; Anhang II). Die Fangzahlen der einzelnen Arten pro Probefläche sind im Anhang III ersichtlich.

Andere Insekten wie Webspinnen (*Araneae*), Asseln (*Isopoda*), Tausendfüsser (*Diplopoda*), Hundertfüsser (*Chilopoda*), Springschwänze (*Collembola*), Kurzflügelkäfer (*Staphylinidae*) etc. gingen ebenfalls in grosser Zahl in die Fallen, wurden in der vorliegenden Arbeit aber nicht berücksichtigt. Trotz der Drahtkreuze, die in den Trichtern integriert waren (vgl. Kap. 3.2, S. 16) fielen viele Spitzmäuse (*Soricidae*), einige echte Mäuse (*Muridae*) und Wühlmäuse (*Arvicolidae*), Erdkröten (*Bufo bufo*), Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) und ein Bergmolch (*Triturus alpestris*) den Fallen zum Opfer.

Tab. 3: Anzahl Individuen, relative Häufigkeit, Grössenklasse (vgl. Kap. 3.3, S. 18), Entwicklungstyp und ökologische Ansprüche an den Lebensraum der nachgewiesenen Laufkäferarten.

* Gattung *Trichotichnus*: *Trichotichnus nitens* (Heer, 1838) (79, 0.66%), *Trichotichnus laevicollis* (Duft., 1812) (16, 0.13%) und *Trichotichnus* - Weibchen (63, 0.53%).

Entwicklungstyp (übernommen aus JANS 1987 und MARGGI 1992): F= Frühlingsfortpflanzer

(Imaginalüberwinterer), H= Herbstfortpflanzer (Larvalüberwinterer), i= instabile Fortpflanzungsverhältnisse.

Lebensraum (übernommen aus SCHLEGEL 1990 und SCHEURIG et al. 1996): F= Feldart, W= stenöke Waldart, (W)= euryöke Waldart mit Vorkommen in verschiedenen Waldgesellschaften, aber auch Besiedlung nicht zu intensiv besonnener Freilandflächen, U= Uferart (Seeufer, Auenwald), e= euryöke Art, die ihren geeigneten Lebensraum sowohl im Wald, als auch im Offenland vorfinden kann.

Art	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit	Grössenklasse	Entwicklungstyp	Lebensraum
<i>Abax parallelepipedus</i> (Pill. & Mitt., 1783)	3405	28.63%	3	i	(W)
<i>Carabus auronitens</i> (Fabr., 1792)	1488	12.51%	4	F	W
<i>Pterostichus niger</i> (Schall., 1783)	1356	11.40%	3	H	e
<i>Cychrus attenuatus</i> (Fabr., 1792)	1195	10.05%	3	H	W
<i>Platynus assimilis</i> (Payk., 1790)	693	5.83%	2	F	W, U
<i>Pterostichus burmeisteri</i> (Heer, 1841)	649	5.46%	2	F	W
<i>Carabus nemoralis</i> (Müller, 1764)	425	3.57%	4	F	e
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabr., 1787)	358	3.01%	2	F	W
<i>Abax ovalis</i> (Duft., 1812)	355	2.99%	2	F	W
<i>Carabus coriaceus</i> (L., 1758)	266	2.24%	4	H	(W)
<i>Pterostichus cristatus</i> (Duf., 1820)	262	2.20%	2	H	W
<i>Molops piceus</i> (Panz., 1793)	247	2.08%	2	F	W
<i>Carabus monilis</i> (Fabr., 1792)	220	1.85%	4	H	e
<i>Abax parallelus</i> (Duft., 1812)	207	1.74%	3	F	W
<i>Pterostichus madidus</i> (Fabr., 1775)	202	1.70%	3	H	e
<i>Trichotichnus</i> sp. *	158	1.33%	1	F	W / e
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illig., 1798)	129	1.08%	3	H	e
<i>Harpalus latus</i> (L., 1758)	126	1.06%	1	H	e
<i>Licinus hoffmannseggii</i> (Panz., 1779)	36	0.30%	2		(W)
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabr., 1779)	22	0.18%	1	F	(W)
<i>Leistus piceus</i> (Froel., 1799)	18	0.15%	1		(W)
<i>Carabus irregularis</i> (Fabr., 1886)	15	0.13%	4	F	W
<i>Pterostichus pumilio</i> (Dej., 1828)	13	0.11%	1	F	W
<i>Synuchus nivalis</i> (Illig., 1798)	10	0.08%	1	H	e
<i>Badister lacertosus</i> (Sturm, 1815)	9	0.08%	1	F	F
<i>Bembidion deletum</i> (Serv., 1821)	9	0.08%	1	F	e
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabr., 1792)	8	0.07%	2	H	e
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabr., 1775)	4	0.03%	1	F	F
<i>Poecilus cupreus</i> (L., 1758)	3	0.03%	2	F	F
<i>Carabus cancellatus</i> (Illig., 1798)	1	0.01%	4	F	e
<i>Carabus glabratus</i> (Payk., 1790)	1	0.01%	4	H	(W)
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	1	0.01%	2	F	F
<i>Pterostichus nigrita</i> (Payk., 1792)	1	0.01%	2	F	U
Total	11892	100.00%			

4.2 Aktivitätsdichte und Biomasse der Laufkäfer im Jahresverlauf (Frage 2)

Die Laufkäfer waren allgemein im Frühling aktiver als im Sommer/Herbst (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Abb. 2). Im Frühling waren auch deutlich mehr Arten aktiv (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$). Die durchschnittliche Biomasse der gefangenen Laufkäfer war im Frühling allerdings nur tendenziell höher (Wilcoxon, N=30, $p < 0.1$; Abb. 3).

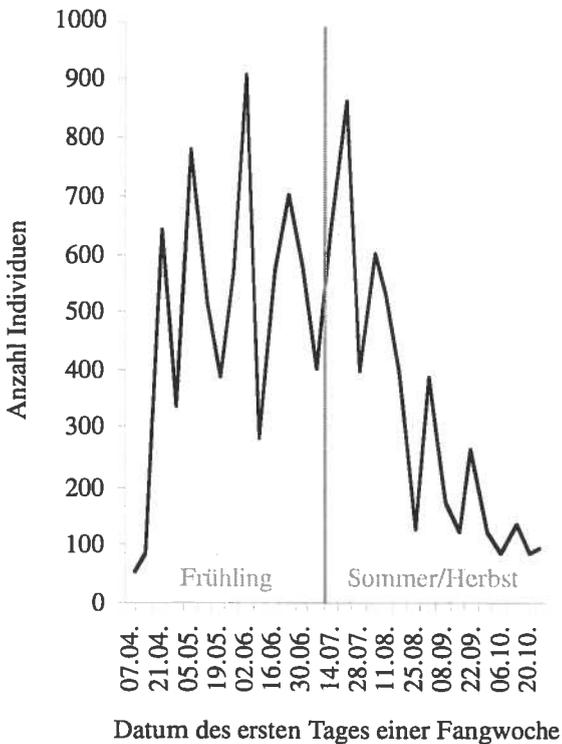


Abb. 2: Phänologie der Anzahl gefangener Laufkäfer pro Woche.

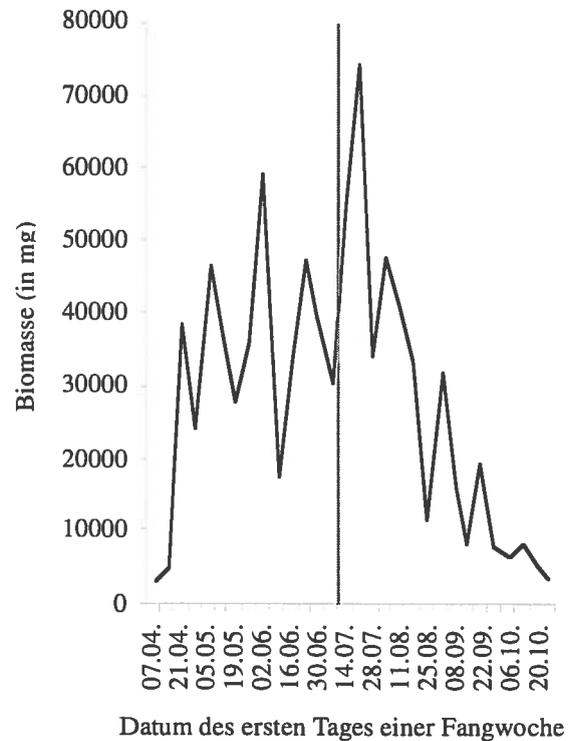


Abb. 3: Phänologie der Biomasse (in mg) pro Woche gefangener Laufkäfer.

Die Individuen der **Grössenklasse 1** zeigten insgesamt eine höhere Aktivität im Frühling (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Abb. 4). Die Biomasse dieser Grössenklasse war ebenfalls im Frühling höher (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$). Dies konnte auch für die Anzahl Individuen von *Harpalus latus* nachgewiesen werden, der im Sihlwald auf rezedenter Stufe vorkam und ein Vertreter der kleinsten Laufkäferarten darstellte (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Anhang IV, Abb. 1). Innerhalb der **Grössenklasse 2** waren die Aktivitätsdichten von *Platynus assimilis* und *Pterostichus burmeisteri*, die beide eine dominante Stellung im Artenspektrum einnahmen, im Frühling höher als in der zweiten Hälfte der Untersuchungsperiode (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Anhang IV, Abb. 2 & 3). Dasselbe konnte für die subdominanten Arten *Pterostichus oblongopunctatus*, *Abax ovalis* und *Molops piceus* festgestellt werden (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Anhang IV, Abb. 4 - 6). So fielen auch die Werte für die Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 und für deren Biomasse im Frühling insgesamt höher aus als im Sommer/Herbst (Wilcoxon, N=30, $p < 0.05$; Abb. 5). In der Anzahl Individuen des subdominanten *Pterostichus cristatus* war allerdings kein jahreszeitlicher Unterschied auszumachen (Wilcoxon, N=30, $p > 0.1$; Anhang IV, Abb. 7).

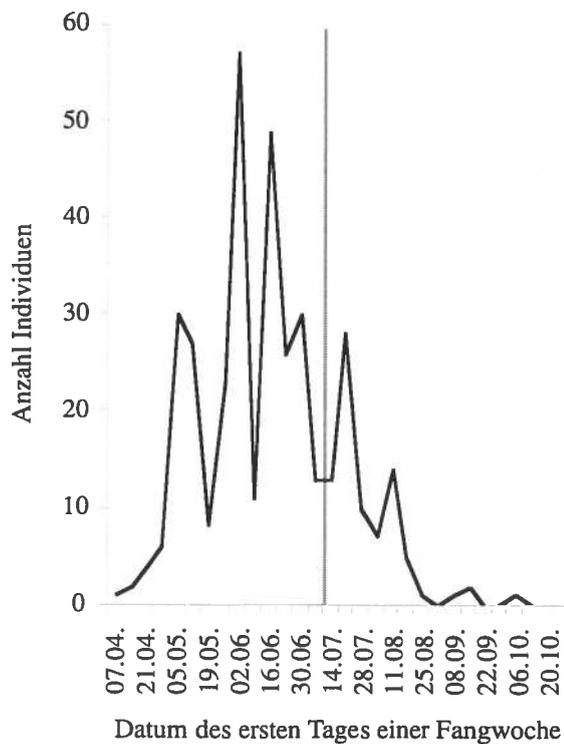


Abb. 4: Phänologie der Anzahl Individuen der Grössenklasse 1 pro Woche.

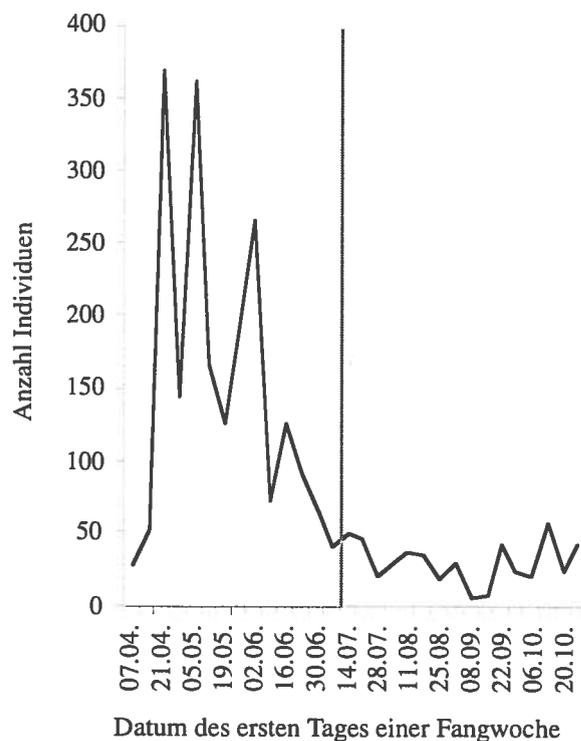


Abb. 5: Phänologie der Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 pro Woche.

Die Individuen der **Grössenklasse 3** waren jahreszeitlich gleichermassen aktiv (Wilcoxon, $N=30$, $p>0.1$; Abb. 6). Für die Biomasse dieser Grössenklasse konnte ebenfalls kein Unterschied festgestellt werden (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.1$). Der am häufigsten gefangene *Abax parallelepipedus* und der rezedente *Abax parallelus* zeigten eine deutlich höhere Aktivitätsdichte im Frühling (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.05$; Anhang IV, Abb. 8 & 9). Der dritthäufigste *Pterostichus niger* und der vierthäufigste *Cychrus attenuatus* waren im Sommer/Herbst signifikant aktiver (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.05$; Anhang IV, Abb. 10 & 11). Die Individuen von *Pterostichus madidus* und *Pterostichus melanarius*, die ihm Sihlwald als rezedente Arten vorkamen, waren im Frühling und im Sommer/Herbst gleich häufig anzutreffen (Wilcoxon, $N=30$, $p>0.1$; Anhang IV, Abb. 12 & 13). Obwohl sich die Individuen der **Grössenklasse 4** im Frühling als aktiver erwiesen (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.05$; Abb. 7), konnte für die Biomasse der grössten Laufkäfer kein jahreszeitlicher Unterschied festgestellt werden (Wilcoxon, $N=30$, $p>0.1$). Als Vertreter dieser Grössenklasse war der eudominante und zweithäufigste *Carabus auronitens* im Frühling aktiver als im Sommer/Herbst (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.05$; Anhang IV, Abb. 14). Der rezedente *Carabus monilis* und der subdominante *Carabus coriaceus* waren hingegen im Sommer/Herbst häufiger anzutreffen (Wilcoxon, $N=30$, $p<0.05$; Anhang IV, Abb. 15 & 16). Kein Unterschied in Bezug auf die Jahreszeiten war in der Aktivität von *Carabus nemoralis* festzustellen, der im Sihlwald auf subdominanter Stufe nachgewiesen wurde (Wilcoxon, $N=30$, $p>0.1$; Anhang IV, Abb. 17).

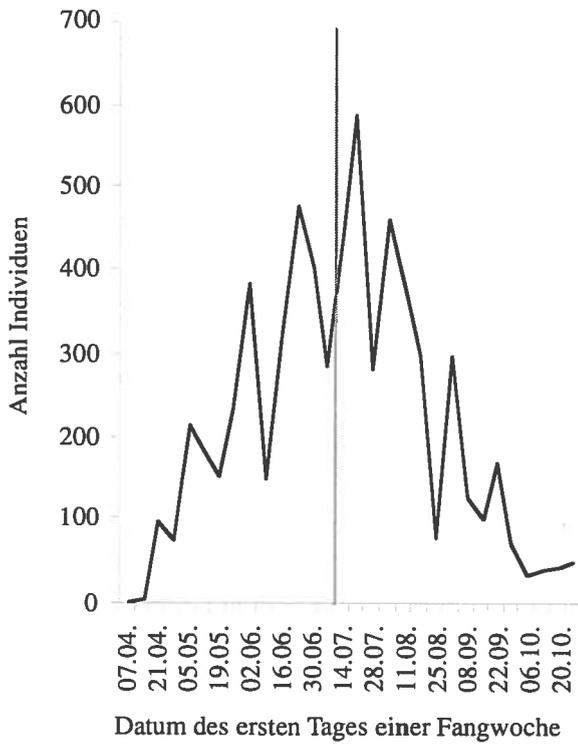


Abb. 6: Phänologie der Anzahl Individuen der Grössenklasse 3 pro Woche.

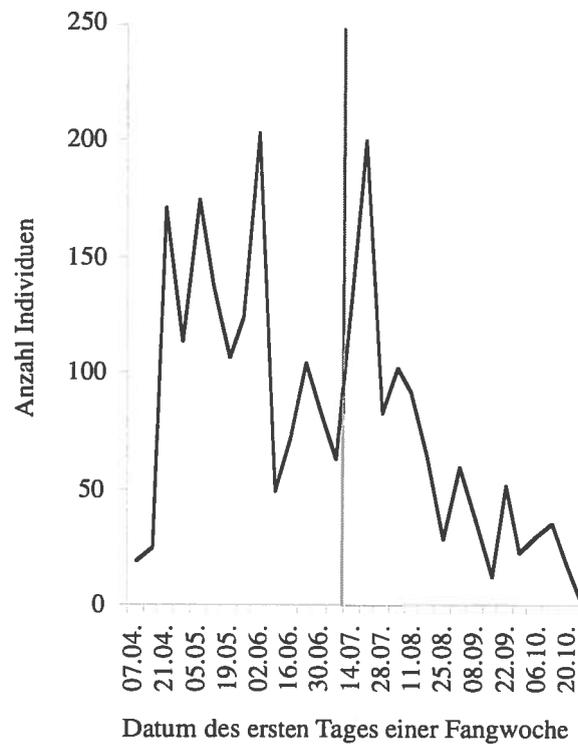


Abb. 7: Phänologie der Anzahl Individuen der Grössenklasse 4 pro Woche.

Mit der nach MINDER (1999) verwendeten jahreszeitlichen Einteilung (Frühling (n=8), Sommer (n=13) und Herbst (n=9), vgl. Kap. 3.5, S. 21) waren sowohl im Frühling als auch im Sommer insgesamt mehr Laufkäfer aktiv als im Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Die Biomasse der gefangenen Laufkäfer war im Sommer am höchsten und im Frühling höher als im Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Die Anzahl aktiver Arten nahm von Jahreszeit zu Jahreszeit ab (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Die kleinsten Laufkäfer (Grössenklasse 1) waren im Frühling und im Sommer signifikant häufiger als im Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Der Frühling wies zwar bezüglich der Grössenklasse 1 einen kleineren Biomassenwert auf als der Sommer, aber dennoch einen höheren als der Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Für die Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 und für deren Biomasse konnte eine signifikante Abnahme im Jahresverlauf festgestellt werden (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Die Individuen der Grössenklasse 3 waren im Sommer am aktivsten (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Dementsprechend war die Biomasse dieser Grössenklasse im Sommer am höchsten (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). Der Frühling und der Herbst unterschieden sich diesbezüglich nicht (Wilcoxon, $N=36$, $p>0.017$). Die grössten Laufkäfer (Grössenklasse 4) waren sowohl im Frühling als auch im Sommer häufiger anzutreffen als im Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$). So wiesen der Frühling und der Sommer bezüglich der Grössenklasse 4 eine höhere Biomasse auf als der Herbst (Wilcoxon, $N_{1,2}=36$, $p<0.017$).

Die jahreszeitlichen Unterschiede, die sich mit der Einteilung nach MINDER (1999) ergaben, stimmen ausser für die Variablen Anzahl Arten, Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 und Biomasse der Grössenklasse 2 nicht mit den vorhergehenden überein.

4.3 Einfluss ausgewählter Umweltfaktoren auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer im Sihlwald (Frage 3)

Witterung

Niederschlag: Die Niederschlagsverläufe der drei Aufnahmestandorte Lichtung, Wald und Forsthaus Sihlwald unterschieden sich während der Untersuchungsperiode kaum (Abb. 8). In der Lichtung fiel vom 7. April bis 3. November 1998 rund 875 mm Regen. Auf dem Waldstandort waren es 618 mm, beim Forsthaus Sihlwald 996 mm und in Wädenswil 922 mm. Ein Zusammenhang zwischen dem Verlauf der totalen Anzahl Laufkäferindividuen pro Woche und den Niederschlagsverläufen konnte nicht festgestellt werden (Spearman, $N=60$, $p>0.1$).

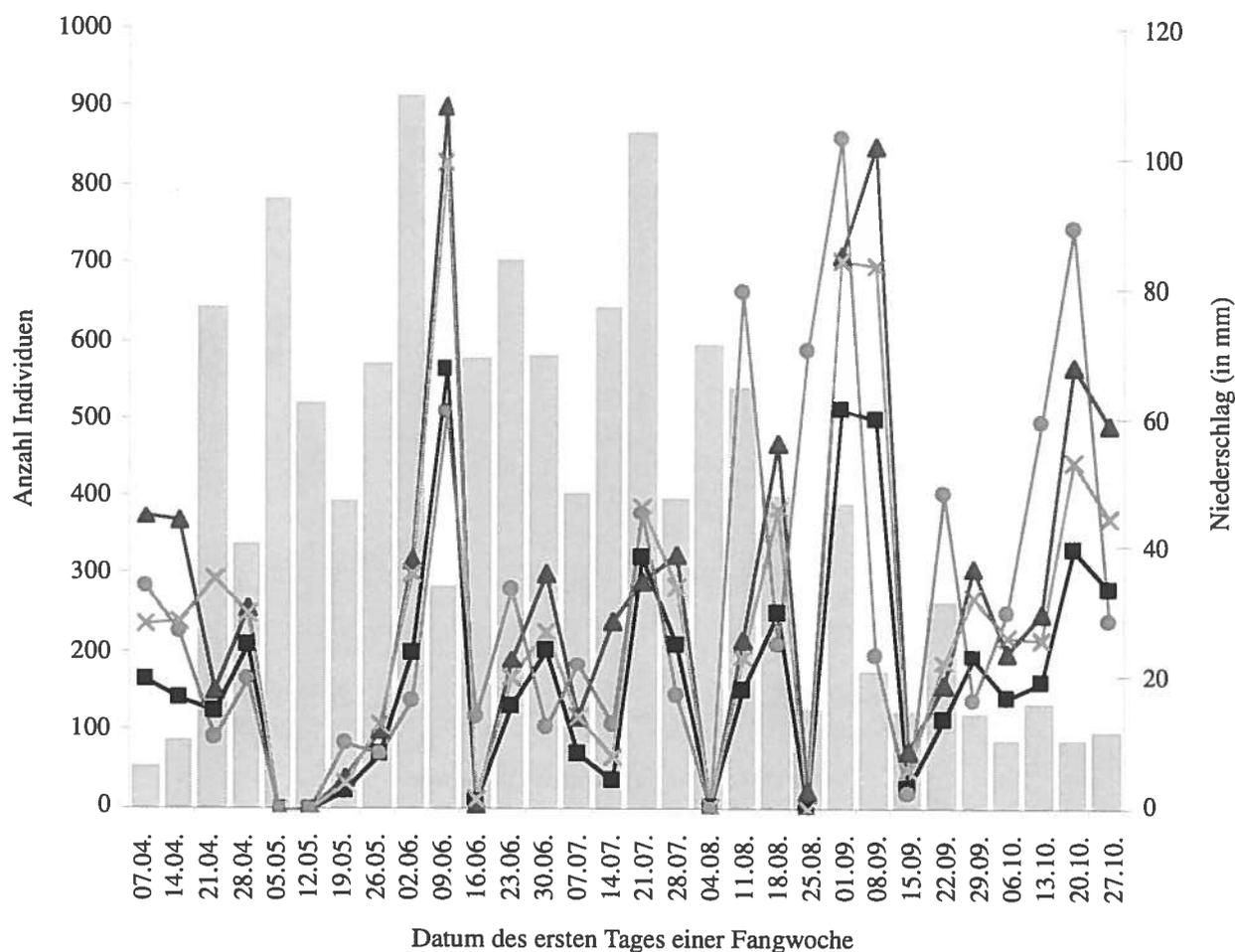


Abb. 8: Verlauf der totalen Anzahl Laufkäferindividuen pro Woche (= Säulen) und Niederschlagsverläufe der vier Aufnahmestandorte (Vierecke= Lichtung, Dreiecke= Waldstandort, Kreuze= Forsthaus Sihlwald, Punkte= Wädenswil) vom 7. April bis 3. November 1998.

Temperatur: Die Temperaturverläufe unterschieden sich zwischen den Aufnahmestandorten (Lichtung, Waldstandort und Wädenswil) ebenfalls kaum (Abb. 9). Die Durchschnittstemperaturen lagen während der Untersuchungsperiode bei 13.96 °C in der Lichtung, 11.84 °C auf dem Waldstandort und bei 14.75 °C in Wädenswil. Bemerkenswert tief waren die Temperaturen in der Woche vom 9. bis 16. Juni 1998, die mit hohen Niederschlägen einhergingen (Abb. 8). Wie in Abb. 9 ersichtlich, korrelierte der Verlauf der totalen Anzahl Laufkäferindividuen pro Woche gut mit den an den drei Aufnahmestandorten (Lichtung, Wald, Wädenswil) aufgezeichneten Temperaturverläufen (Spearman, $N_{1-3} = 57, 54, 60$, $R_{s\ 1-3} = 0.8907, 0.8417, 0.8594$).

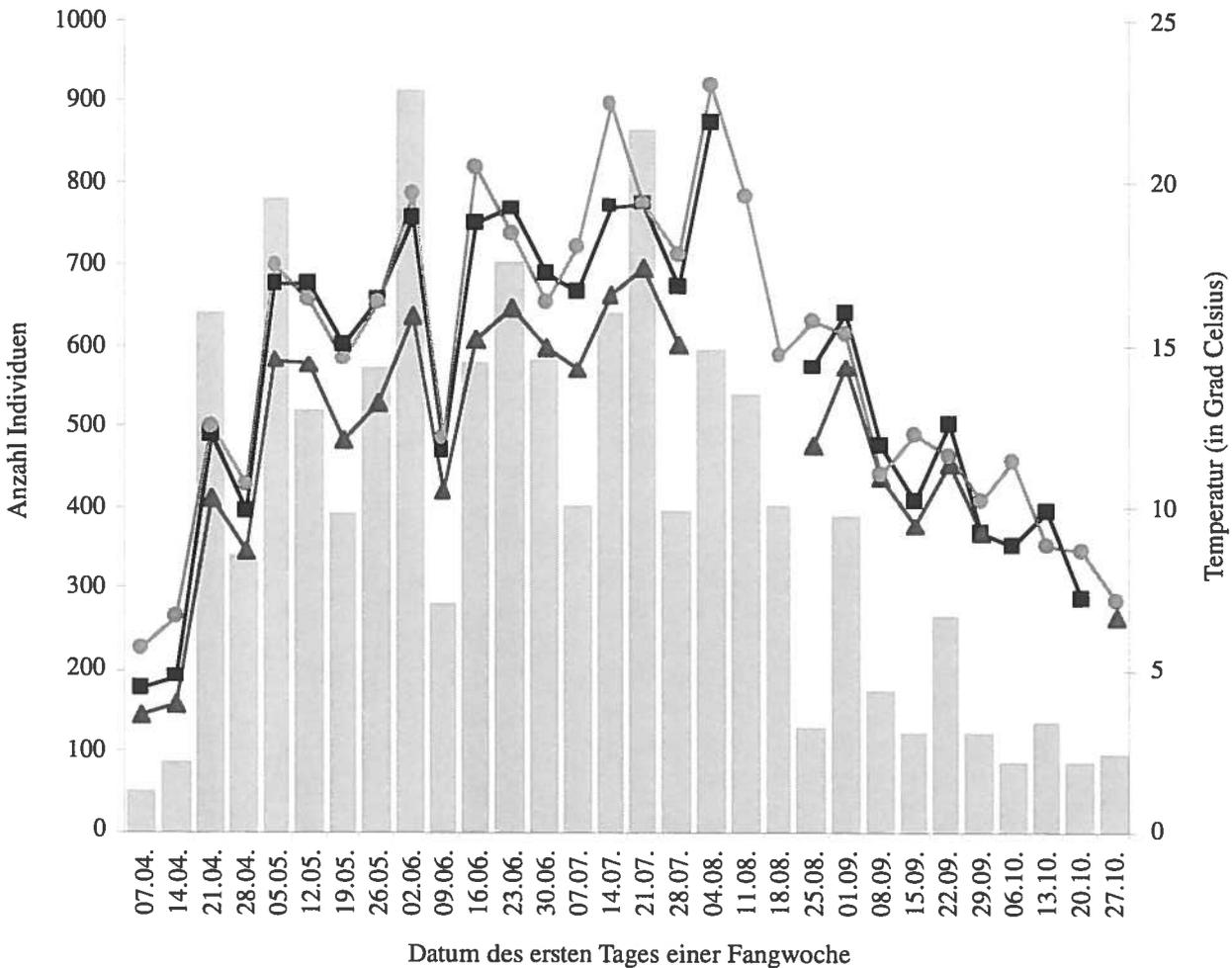


Abb. 9: Verlauf der totalen Anzahl Laufkäferindividuen pro Woche (= Säulen) und Verlauf der Durchschnittstemperatur pro Woche an den drei Aufnahmestandorte (Vierecke= Lichtung, Dreiecke= Waldstandort, Punkte= Wädenswil) vom 7. April bis 3. November 1998.

Waldtypen

In der Tab. 4 finden sich die pro Art gefangenen Individuen gesondert für die drei verschiedenen Waldtypen. In den Buchenbeständen fielen insgesamt 3073 Individuen in die Fallen, die 28 Arten zugeordnet werden konnten. Die Fichtenbestände waren mit 4467 Laufkäfern am individuenreichsten, mit 27 nachgewiesenen Arten jedoch am artenärmsten. In den Mischbeständen wurden 4352 Individuen gefangen, die sich auf 31 Arten verteilten. *Abax parallelepipedus* wurde in allen Waldtypen als eudominanteste Art gefunden. Während *Pterostichus niger* in den Fichten- und Mischbeständen als eudominante Art vertreten war, kam er in den Buchenbeständen mit einem Anteil von 0.13% nur als subzedente Art vor. Auffallend war auch das eudominante Vorkommen von *Platynus assimilis* in den Mischbeständen. *Pterostichus oblongopunctatus* konnte in den Buchenbeständen im Gegensatz zu den Fichten- und Mischbeständen auf dominanter Stufe nachgewiesen werden.

Vorkommen und Häufigkeit der verschiedenen Laufkäferarten in verschiedenen Habitattypen sind wesentliche Ausgangswerte, um die Verfügbarkeit dieser Arten als Beutetiere für den Dachs zu beurteilen. Im Blick auf diese Frage wurden im Folgenden für die statistischen Auswertungen auf Artebene nur solche Arten ausgewählt, die auch im Dachskot eindeutig nachgewiesen werden konnten und für die Beantwortung der Frage 4 relevant waren (vgl. Kap. 4.4, S. 41).

Obwohl in den drei Waldtypen unterschiedlich viele Laufkäferindividuen gefunden wurden, unterschieden sie sich in der Anzahl Individuen statistisch nicht (Tab. 5). Einzig für die Anzahl Arten im Frühling resultierte ein tendenzieller Unterschied zwischen den Waldtypen. Die signifikanten Unterschiede bzw. der tendenzielle Unterschied zwischen den Waldtypen in der Anzahl Individuen der Grössenklasse 1 und deren Biomasse resultierten nur mit Einbezug der "Vegetationsvariablen" (Covariaten). Daraus ist zu schliessen, dass die Unterschiede nicht durch die Waldtypen, sondern massgeblich durch die "Vegetationsvariablen" zustande kamen. Mittels Bonferroni-Test ($N_1=36$, $N_2=18$, $p<0.05$) konnte festgestellt werden, dass die Individuen der Grössenklasse 2 allgemein und insbesondere im Frühling signifikant häufiger in den Mischbeständen als in den Fichtenbeständen vorkamen. So wiesen die Mischbestände insgesamt und im Frühling gegenüber den Fichtebeständen auch eine höhere Biomasse der Grössenklasse 2 auf (Bonferroni-Test, $N_1=36$, $N_2=18$, $p<0.05$). Im Sommer kamen die Unterschiede erst unter Berücksichtigung der "Vegetationsvariablen" zustande, d. h. die Unterschiede basieren auf der unterschiedlichen Verteilung der "Vegetationsvariablen" zwischen den Waldtypen. Als Vertreter der Grössenklasse 2 schien *Pterostichus burmeisteri* allgemein die Misch- und Buchenbestände den Fichtenbeständen vorzuziehen, was innerhalb der Jahreszeiten aber nur im Frühling zutraf (Bonferroni-Test, $N_1=36$, $N_2=18$, $p<0.05$). Im Sommer/Herbst war die Art in den Waldtypen nur tendenziell unterschiedlich aktiv (ANOVA, $N=18$, $p<0.1$). Im Frühling konnte für die Biomasse der Grössenklasse 4 und die Anzahl Individuen von *Carabus auronitens*, der im Sihlwald als zweithäufigste Art nachgewiesen wurde, zwar nur ein tendenzieller Unterschied zwischen den

Tab. 4: Anzahl Individuen und relative Häufigkeiten der Arten in den drei verschiedenen Waldtypen.
 * Gattung *Trichotichnus*: *Trichotichnus nitens* und *Trichotichnus laevicollis*. Dominanzklassen nach MÜHLENBERG (1993) (Def. s. 4.1, S. 28): ■ eudominant, ▒ dominant, ▒ subdominant, ▒ rezedent, □ subrezedent.

Art	Buchenbestände		Fichtenbestände		Mischbestände	
	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit
Abax parallelepipedus	826	26.88%	1607	35.97%	972	22.33%
Cychnus attenuatus	610	19.85%	281	6.29%	304	6.99%
Carabus auronitens	425	13.83%	771	17.26%	292	6.71%
Pterostichus oblongopunctatus	266	8.66%	51	1.14%	41	0.94%
Pterostichus burmeisteri	252	8.20%	96	2.15%	301	6.92%
Abax ovalis	189	6.15%	64	1.43%	102	2.34%
Pterostichus madidus	84	2.73%	62	1.39%	56	1.29%
Molops piceus	82	2.67%	37	0.83%	128	2.94%
Carabus nemoralis	71	2.31%	187	4.19%	167	3.84%
Carabus coriaceus	48	1.56%	124	2.78%	94	2.16%
Platynus assimilis	46	1.50%	23	0.51%	624	14.34%
Trichotichnus sp. *	40	1.30%	105	2.35%	13	0.30%
Harpalus latus	29	0.94%	29	0.65%	68	1.56%
Abax parallelus	25	0.81%	63	1.41%	119	2.73%
Pterostichus cristatus	13	0.42%	68	1.52%	181	4.16%
Licinus hoffmannseggi	11	0.36%	17	0.38%	8	0.18%
Notiophilus biguttatus	11	0.36%	7	0.16%	4	0.09%
Pterostichus melanarius	8	0.26%	11	0.25%	110	2.53%
Carabus monilis	7	0.23%	105	2.35%	108	2.48%
Pterostichus pumilio	7	0.23%	6	0.13%	-	-
Synuchus nivalis	6	0.20%	2	0.04%	2	0.05%
Badister lacertosus	4	0.13%	-	-	5	0.11%
Nebria brevicollis	4	0.13%	-	-	4	0.09%
Pterostichus niger	4	0.13%	735	16.45%	617	14.18%
Bembidion deletum	2	0.07%	2	0.04%	5	0.11%
Leistus piceus	2	0.07%	3	0.07%	13	0.30%
Carabus glabratus	1	0.03%	-	-	-	-
Carabus cancellatus	-	-	1	0.02%	-	-
Carabus irregularis	-	-	10	0.22%	5	0.11%
Loricera pilicornis	-	-	-	-	4	0.09%
Poecilus cupreus	-	-	-	-	3	0.07%
Poecilus versicolor	-	-	-	-	1	0.02%
Pterostichus nigrita	-	-	-	-	1	0.02%
Total	3073	100.00%	4467	100.00%	4352	100.00%

Waldtypen aufgezeigt werden (ANOVA, $N_{1,2}=18$, $p<0.1$). Dennoch ergab sich mit dem Bonferroni-Test ($N_{1,2}=18$, $p<0.05$), dass im Frühling die Biomasse der grössten Laufkäfer in den Fichtenbeständen signifikant höher war als in den Mischbeständen und dass *Carabus auronitens* die Fichtenbestände den anderen beiden Waldtypen vorzog.

Tab. 5: Resultate der Varianzanalysen für die gesamte Untersuchungsperiode sowie für die Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst getrennt, mit Einbezug der "Vegetationsvariablen" als Covariaten. Grau sind signifikante Unterschiede hervorgehoben.

abhängige Variable	Unterschied zwischen den Waldtypen		
	insgesamt (ANOVA, N= 36)	Frühling (ANOVA, N= 18)	Sommer/Herbst (ANOVA, N= 18)
Allgemeine Variablen:			
Anzahl Individuen	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Biomasse der gefangenen Laufkäfer	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Anzahl Arten	p>0.1	p<0.1	p>0.1
Grössenklasse 1 (05.0 mm - 09.9 mm):			
Anzahl Individuen	p<0.1	p<0.05	p>0.1
Biomasse	p<0.05	p<0.05	p>0.1
Grössenklasse 2 (10.0 - 14.9 mm):			
Anzahl Individuen	p<0.05	p<0.05	p<0.05
Biomasse	p<0.05	p<0.05	p<0.05
Anzahl Individuen von <i>Pterostichus burmeisteri</i>	p<0.05	p<0.05	p<0.1
Grössenklasse 3 (15.0 - 19.9 mm):			
Anzahl Individuen	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Biomasse	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Anzahl Individuen von <i>Cychrus attenuatus</i>	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Grössenklasse 4 (>= 20.0 mm):			
Anzahl Individuen	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Biomasse	p>0.1	p<0.1	p>0.1
Anzahl Individuen von <i>Carabus coriaceus</i>	p>0.1	p>0.1	p>0.1
Anzahl Individuen von <i>Carabus auronitens</i>	p>0.1	p<0.1	p>0.1
Anzahl Individuen von <i>Carabus nemoralis</i>	p>0.1	p>0.1	p>0.1

Deckungsgrad der verschiedenen Vegetationsschichten

Die Resultate der multiplen Regressionen für die beiden Jahreszeiten Frühling und Sommer/Herbst sind in den Tabellen 6 und 7 (S. 39 & 40) zusammengestellt.

Die Resultate der abhängigen Variablen, deren Varianz zu über 50% durch die "Vegetationsvariablen" erklärt wurden, sind in den Tab. 6 & 7 grau hervorgehoben und werden nachfolgend erläutert.

Die allgemeinen Variablen (Anzahl Individuen, Biomasse der gefangenen Laufkäfer, Anzahl Arten) wurden vor allem im Sommer/Herbst durch die Krautschicht beeinflusst (Tab. 7). Auffallend war dabei, dass die Varianzen durch eine karge Krautschicht im Umkreis von 25 m² und eine dichte Krautschicht im Umkreis von 100 m² erklärt wurden (ANOVA, $p < 0.05$). Die Baumschicht im Umkreis von 100 m² wurde im Sommer/Herbst neben der Krautschicht ebenfalls in die Gleichung für die Biomasse der gefangenen Laufkäfer miteingeschlossen, war aber nur tendenziell erklärend (ANOVA, $p < 0.1$). Die Strauch-, Kraut- und Mooschicht waren im Frühling für die kleinsten Laufkäfer im Sihlwald von Bedeutung (Tab. 6). Eine üppige Strauch- und Krautschicht im Umkreis von 25 m² bzw. 100 m² hatten einen positiven Einfluss, eine dichte Strauch- und Mooschicht im Umkreis von 100 m² bzw. 25 m² einen negativen Einfluss auf die Individuenzahl der Grössenklasse 1. Die Mooschicht war jedoch nur tendenziell erklärend (ANOVA, $p < 0.1$). Die für die Biomasse der kleinsten Laufkäfer aufgelisteten "Vegetationsvariablen" im Frühling waren alle nur tendenziell erklärend (ANOVA, $p < 0.1$). Innerhalb der Grössenklasse 3 konnte nur die Varianz der Anzahl Individuen von *Cychnus attenuatus* im Frühling zu über 50% durch die Vegetationsvariablen erklärt werden (Tab. 6). Eine dichte Krautschicht im Umkreis von 100 m² wirkte sich negativ auf die Aktivitätsdichte dieser Art aus (ANOVA, $p < 0.05$). Die Individuenzahl und die Biomasse der Grössenklasse 4 wurden im Sommer/Herbst wie die allgemeinen Variablen vor allem durch die Krautschicht erklärt (Tab. 7). Dabei hatte die Krautschicht im Umkreis von 25 m² wiederum einen negativen und diejenige im Umkreis von 100 m² einen positiven Einfluss auf die Variablen der Grössenklasse 4 (ANOVA, $p < 0.05$). Neben der Krautschicht wurde die Individuenzahl der Grössenklasse 4 tendenziell durch eine dichte Strauchschicht im Umkreis von 25 m² und eine spärliche Strauchschicht im Umkreis von 100 m² erklärt. Zusätzlich zur Krautschicht wirkten sich die Baumschicht im Umkreis von 25 m² tendenziell positiv und diejenige im Umkreis von 100 m² negativ auf die Biomasse der Grössenklasse 4 aus.

Totholz

In den sechs an Totholzstrukturen platzierten Fallen fingen sich während den 8 Wochen (7. Juli bis 1. September 1998), in denen sie im Einsatz waren, insgesamt 574 Laufkäfer. Durch eine in einer Mischwald-Probefläche angebrachte "Totholz-Falle" konnte *Cychnus caraboides* mit einem gefangenen Individuum als weitere Art in die Artenliste aufgenommen werden. Diese Art ist in Tab. 3, S. 29 nicht aufgeführt, da sie nicht im Rahmen des normalen Fallenkonzepts gefangen wurde. Zwischen den "Totholz-Fallen" und den Fallen ohne Totholz in unmittelbarer Umgebung war weder für die Variablen Anzahl Individuen, Biomasse der gefangenen Laufkäfer, Anzahl Arten, Anzahl Individuen pro Grössenklasse, Biomasse pro Grössenklasse noch für die Variable Anzahl Individuen pro Art einen Unterschied auszumachen (Friedman, $N = 12$, $p > 0.1$).

Tab. 6: Zusammenstellung der Resultate der multiplen Regressionen der abhängigen mit den unabhängigen (Vegetations-) Variablen für die Jahreszeit **Frühling**. Die Abkürzungen der "Vegetationsvariablen" bedeuten MS= Deckungsgrad der Mooschicht, KS= Deckungsgrad der Krautschicht, SS= Deckungsgrad der Strauchschicht, BS= Deckungsgrad der Baumschicht, 25= auf der Aufnahmefläche von 25 m², 100= auf der Aufnahmefläche von 100 m², (+) bzw. (-)= positive bzw. negative Beziehung zwischen der "Laufkäfervariablen" und der betreffenden "Vegetationsvariablen". Grau unterlegt sind die Resultate der abhängigen Variablen, deren Varianz zu über 50% durch die "Vegetationsvariablen" erklärt wurden.

abhängige Variable	R Square	partielle Signifikanzen	Sig. der unabhängigen Variable/n	F-Wert	Sig. des F-Werts
Allgemeine Variablen:					
Anzahl Individuen	-	-	-	-	-
Biomasse der gefangenen Laufkäfer	0.23	SS 25 (-)	0.0430	4.83	0.0430
Anzahl Arten	0.56	SS 25 (+) KS 100 (+) SS 100 (-)	0.0079 0.0346 0.0091	6.00	0.0077
Größenklasse 1 (05.0 mm - 09.9 mm):					
Anzahl Individuen	0.60	MS 25 (-) SS 25 (+) KS 100 (+) SS 100 (-)	0.0815 0.0336 0.0398 0.0152	4.85	0.0130
Biomasse	0.67	MS 25 (-) KS 25 (-) SS 25 (+) KS 100 (+) SS 100 (-)	0.0528 0.0909 0.0896 0.0653 0.0848	4.78	0.0123
Größenklasse 2 (10.0 - 14.9 mm):					
Anzahl Individuen	-	-	-	-	-
Biomasse	-	-	-	-	-
Anzahl Individuen von <i>Pterostichus burmeisteri</i>	-	-	-	-	-
Größenklasse 3 (15.0 - 19.9 mm):					
Anzahl Individuen	0.29	SS 25 (-)	0.0208	6.57	0.0208
Biomasse	0.29	SS 25 (-)	0.0211	6.54	0.0211
Anzahl Individuen von <i>Cychrus attenuatus</i>	0.51	KS 100 (-)	0.0009	16.65	0.0009
Größenklasse 4 (>= 20.0 mm):					
Anzahl Individuen	-	-	-	-	-
Biomasse	-	-	-	-	-
Anzahl Individuen von <i>Carabus auronitens</i>	-	-	-	-	-
Anzahl Individuen von <i>Carabus coriaceus</i>	-	-	-	-	-
Anzahl Individuen von <i>Carabus nemoralis</i>	0.43	SS 25 (+) SS 100 (-)	0.0399 0.0103	5.60	0.0153

Tab. 7: Zusammenstellung der Resultate der multiplen Regressionen der abhängigen mit den unabhängigen (Vegetations-) Variablen für die Jahreszeit **Sommer/Herbst**. Die Abkürzungen der "Vegetationsvariablen" bedeuten MS= Deckungsgrad der Moosschicht, KS= Deckungsgrad der Krautschicht, SS= Deckungsgrad der Strauchschicht, BS= Deckungsgrad der Baumschicht, 25= auf der Aufnahmefläche von 25 m², 100= auf der Aufnahmefläche von 100 m², (+) bzw. (-)= positive bzw. negative Beziehung zwischen der "Laufkäfervariablen" und der betreffenden "Vegetationsvariablen". Grau unterlegt sind die Resultate der abhängigen Variablen, deren Varianz zu über 50% durch die "Vegetationsvariablen" erklärt wurden.

abhängige Variable	R Square	partielle Signifi- kanzen	Sig. der un- abhängigen Variable/n	F-Wert	Sig. des F-Werts
Allgemeine Variablen:					
Anzahl Individuen	0.57	KS 25 (-) KS 100 (+)	0.0172 0.0065	9.91	0.0018
Biomasse der gefangenen Laufkäfer	0.68	KS 25 (-) KS 100 (+) BS 100 (-)	0.0179 0.0144 0.0707	9.96	0.0009
Anzahl Arten	0.60	KS 25 (-) MS 100 (-) KS 100 (+)	0.0008 0.0206 0.0006	6.86	0.0045
Größenklasse 1 (05.0 mm - 09.9 mm):					
Anzahl Individuen	0.49	BS 25 (+) KS 100 (+) BS 100 (-)	0.0304 0.0394 0.0519	4.47	0.0212
Biomasse	0.33	KS 100 (+)	0.0135	7.70	0.0135
Größenklasse 2 (10.0 - 14.9 mm):					
Anzahl Individuen	0.49	KS 25 (-) KS 100 (+)	0.0063 0.0120	7.08	0.0068
Biomasse	0.49	KS 25 (-) KS 100 (+)	0.0035 0.0058	7.14	0.0060
Anzahl Individuen von <i>Pterostichus burmeisteri</i>	0.28	KS 25 (-)	0.0235	6.27	0.0235
Größenklasse 3 (15.0 - 19.9 mm):					
Anzahl Individuen	0.36	BS 25 (-)	0.0086	8.94	0.0086
Biomasse	0.42	BS 25 (-)	0.0037	11.53	0.0037
Anzahl Individuen von <i>Cychrus attenuatus</i>	0.30	KS 25 (+) KS 100 (-)	0.0726 0.0481	3.28	0.0657
Größenklasse 4 (>= 20.0 mm):					
Anzahl Individuen	0.58	KS 25 (-) BS 25 (+) KS 100 (+) BS 100 (-)	0.0446 0.0632 0.0360 0.0376	4.40	0.0182
Biomasse	0.60	KS 25 (-) SS 25 (+) KS 100 (+) SS 100 (-)	0.0146 0.0874 0.0146 0.0425	4.83	0.0131
Anzahl Individuen von <i>Carabus auronitens</i>	0.24	MS 100 (+)	0.0412	4.93	0.0412
Anzahl Individuen von <i>Carabus coriaceus</i>	0.42	MS 100 (+) KS 100 (-)	0.0389 0.0139	5.46	0.0166
Anzahl Individuen von <i>Carabus nemoralis</i>	-	-	-	-	-

4.4 Laufkäfer als Beutetiere des Dachses (Frage 4)

Nutzung der Laufkäfer im Jahresverlauf (Frage 4a)

Die Aktivitätsfrequenz der Laufkäfer im Jahresverlauf korrelierte gut mit der Auftretensfrequenz im Dachskot für die Gesamtanzahl Individuen (Spearman, $N=12$, $R_s = 0.8262$; Abb. 10) und für die Individuen der Grössenklasse 4 (Spearman, $N=12$, $R_s = 0.8857$; Abb. 11). Innerhalb der Grössenklasse 4 ergaben sich ebenfalls gute Korrelationen zwischen der Aktivitätsfrequenz und der Auftretensfrequenz im Jahresverlauf für den zweithäufigsten *Carabus auronitens* (Spearman, $N=12$, $R_s = 0.8968$; Abb. 12), den subdominanten *Carabus coriaceus* (Spearman, $N=12$, $R_s = 1.0000$; Abb. 13) und für *Carabus monilis* (Spearman, $N=12$, $R_s = 0.8697$; Abb. 14), der als rezedente Art im Sihlwald nachgewiesen wurde.

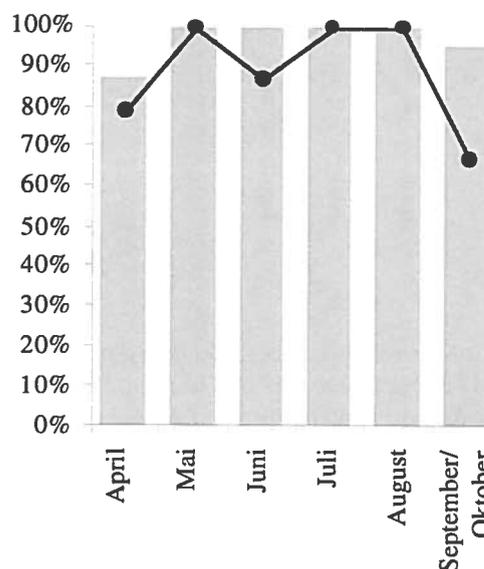


Abb. 10: Aktivitätsfrequenz in den Barberfallen (Säulen) und Auftretensfrequenz im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen im Jahresverlauf.

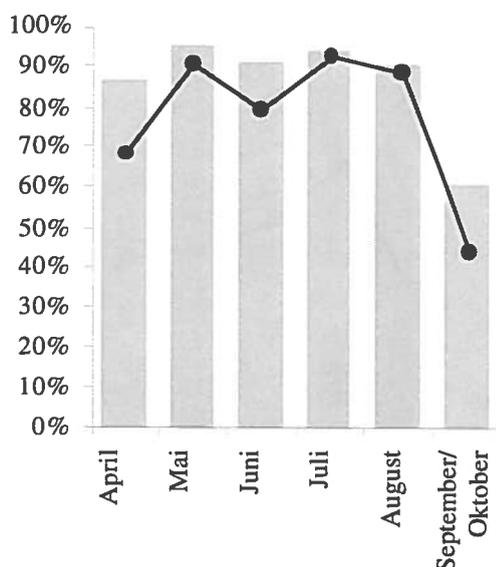


Abb. 11: Aktivitätsfrequenz in den Barberfallen (Säulen) und Auftretensfrequenz im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen der Grössenklasse 4 im Jahresverlauf.

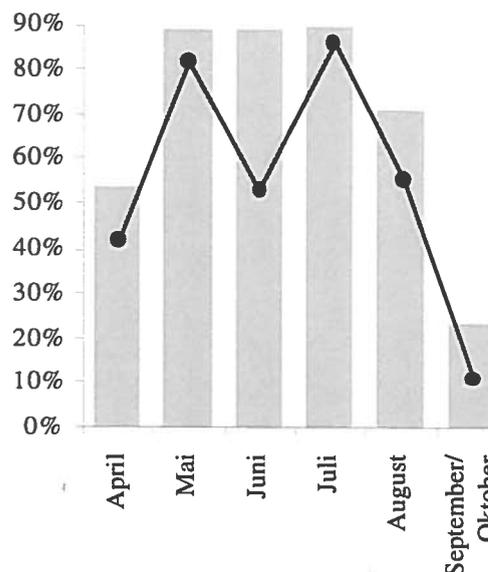


Abb. 12: Aktivitätsfrequenz in den Barberfallen (Säulen) und Auftretensfrequenz im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus auronitens* im Jahresverlauf.

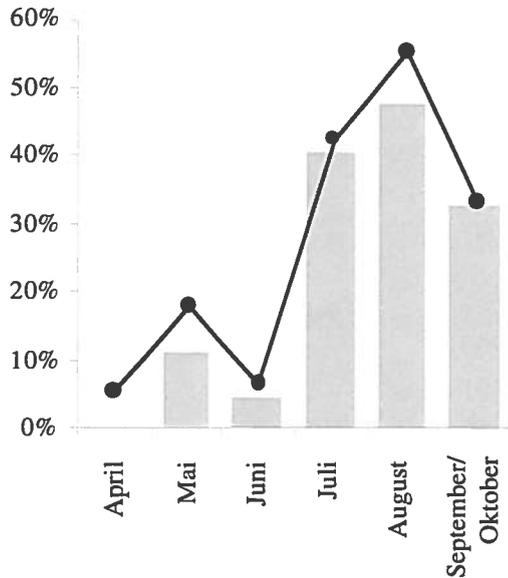


Abb. 13: Aktivitätsfrequenz in den Barberfallen (Säulen) und Auftretensfrequenz im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus coriaceus* im Jahresverlauf.

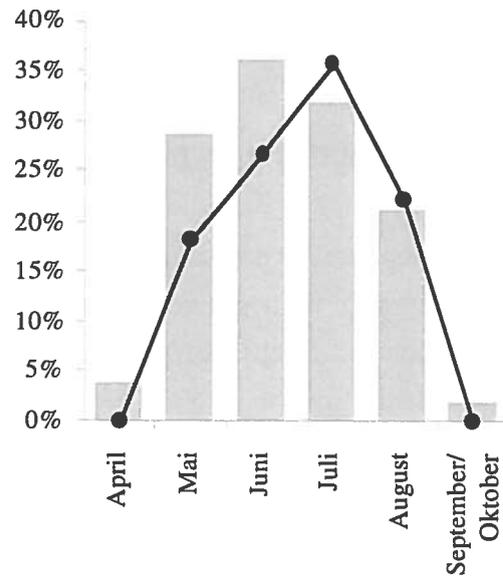


Abb. 14: Aktivitätsfrequenz in den Barberfallen (Säulen) und Auftretensfrequenz im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus monilis* im Jahresverlauf.

Der Jahresverlauf der monatlichen "Verfügbarkeit" (= Anteil der gefangenen Individuen einer Art oder Artengruppe an der Gesamtzahl gefangener Individuen) der Laufkäfer im Sihlwald korrelierte allerdings für keine der Arten bzw. Artengruppen mit dem Jahresverlauf des monatlichen "Individuenanteils" (= Anteil der nachgewiesenen Individuen einer Art oder Artengruppe an der Gesamtzahl nachgewiesener Individuen einer Kotprobe) derselben im Dachskot (Spearman, N=12, p>0.1) (Abb. 15 & 16). In den Abbildungen 17 – 20 sind die "Verfügbarkeit" und der "Individuenanteil" im Dachskot von vier Vertretern der Grössenklasse 4 dargestellt.

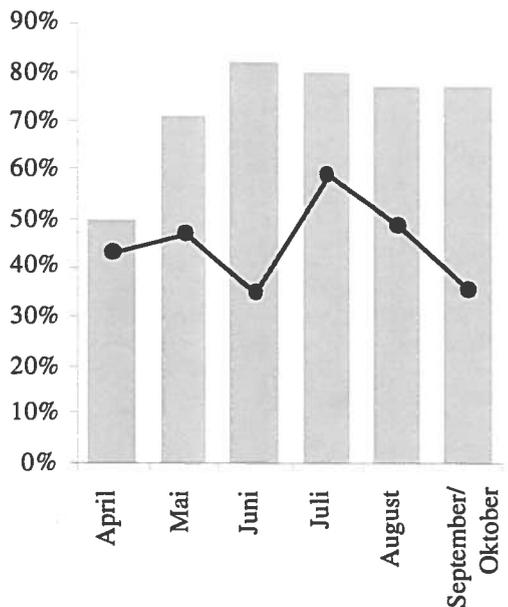


Abb. 15: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen der Grössenklassen 2/3 im Jahresverlauf.

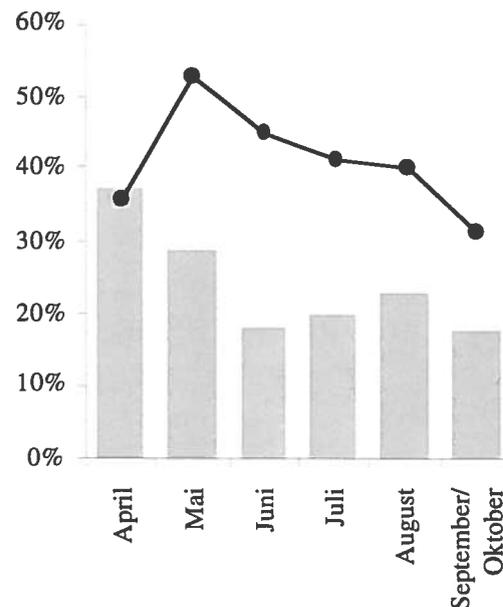


Abb. 16: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen der Grössenklassen 4 im Jahresverlauf.

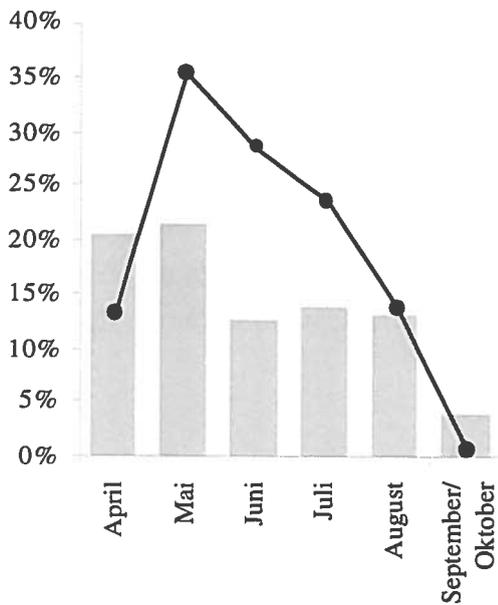


Abb. 17: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus auronitens* im Jahresverlauf.

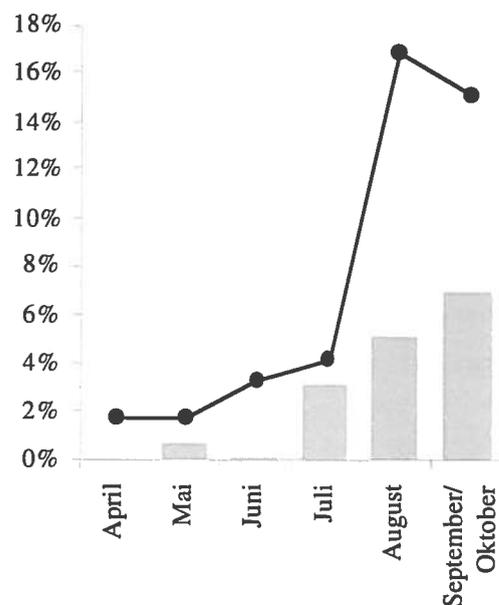


Abb. 18: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus coriaceus* im Jahresverlauf.

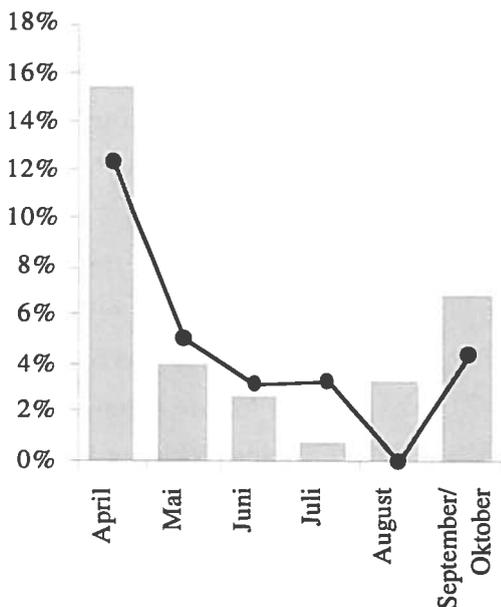


Abb. 19: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus nemoralis* im Jahresverlauf.

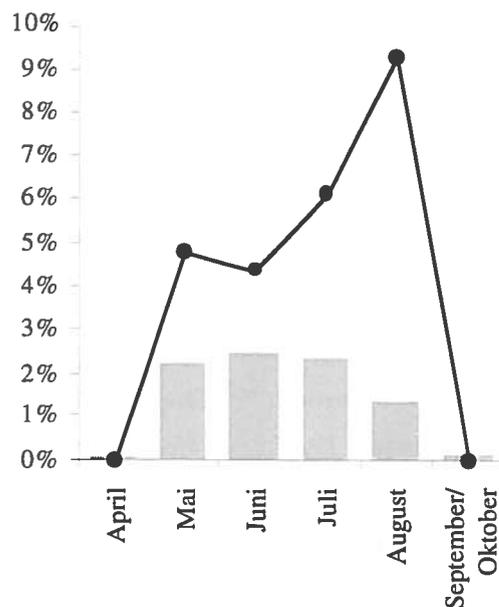


Abb. 20: "Verfügbarkeit" im Sihlwald (Säulen) und "Individuenanteil" im Dachskot (Linie) der Variable Anzahl Individuen von *Carabus monilis* im Jahresverlauf.

Die vom Dach mit grösster Frequenz gefressenen Laufkäfer waren der zweithäufigste *Carabus auronitens* und die "Schwarzen", zu denen unter anderem der im Sihlwald am häufigsten gefangene *Abax parallelepipedus* zählte (Frequenzklasse 4: Auftretensfrequenz >50%; vgl. 3.5, S. 21). Der rezedente *Carabus monilis* und subdominante *Carabus nemoralis* wurden der Frequenzklasse 2 (Auftretensfrequenz von 11-25%; vgl. 3.5, S. 21) zugeteilt. *Cychrus attenuatus*, der im Sihlwald als vierthäufigste Art vertreten war, sowie der dominante *Pterostichus burmeisteri* und

der subdominante *Carabus coriaceus* bildeten die Frequenzklasse 3 (Auftrittsfrequenz von 26-50%; vgl. 3.5, S. 21). Zu dem vom Dachs mit geringster Frequenz (Frequenzklasse 1: Auftretensfrequenz von 1-10%; vgl. 3.5, S. 21) gefressenen Laufkäfer zählten der subrezedente *Carabus irregularis* und die Gattung *Poecilus* sowie *Carabus auratus*, *Carabus granulatus* und *Carabus violaceus*. Die letzten drei Arten konnten allerdings nur im Dachskot nachgewiesen werden. Für alle Frequenzklassen liess sich keine signifikante Beziehung zwischen der "Verfügbarkeit" der Laufkäfer im Sihlwald und dem "Individuenanteil" derselben im Dachskot feststellen (Spearman, N=12, $p > 0.1$).

Arten und Artengruppen, die vom Dachs häufiger oder seltener gefressen wurden

Die in den Barberfallen gefangenen *Carabus cancellatus* und *Carabus glabratus* konnten im Jahre 1998 nie im Dachskot gefunden werden (HINDENLANG & MINDER in Vorb.). Die im Dachskot nachgewiesenen *Carabus violaceus*, *Carabus auratus* und *Carabus granulatus* traten dagegen, wie schon erwähnt, nie in den Barberfallenfängen auf.

Die Auftretensfrequenz der Individuen der Grössenklasse 2/3 im Dachskot war deutlich geringer als deren Aktivitätsfrequenz im Sihlwald (Mann-Whitney-U, N=12, $p < 0.05$). Die Auftretensfrequenz von *Carabus nemoralis* und *Pterostichus burmeisteri* im Dachskot war nur tendenziell geringer als deren Aktivitätsfrequenz im Sihlwald (Mann-Whitney-U, N=12, $p < 0.1$).

Vergleicht man die monatlichen "Individuenanteile" der Laufkäfer im Dachskot mit der monatlichen "Verfügbarkeit" der Laufkäfer im Sihlwald, wird ersichtlich, dass der Dachs anteilmässig signifikant mehr Individuen der Grössenklasse 4 frass als im Sihlwald eigentlich "verfügbar" waren (Mann-Whitney-U, N=12, $p < 0.05$; vgl. Abb. 16, S. 42). Dasselbe traf für die Arten der Frequenzklasse 1 (Auftrittsfrequenz von 1-10%, vgl. 3.5, S. 21) zu (Mann-Whitney-U, N=12, $p < 0.05$). Der "Individuenanteil" der Grössenklassen 2/3 lag im Dachskot allerdings deutlich unter der "Verfügbarkeit" dieser Laufkäferklassen im Sihlwald (Mann-Whitney-U, N=12, $p < 0.05$).

Habitattypen des Sihlwalds, die für den Dachs an Laufkäfern am ergiebigsten sind

Wird die Vorliebe des Dachses für die Laufkäfer der Grössenklasse 4 berücksichtigt, sind im Frühling für den Dachs die Fichtenbestände bezüglich der Biomasse der Grössenklasse 4 im Sihlwald am ergiebigsten (vgl. Kap. 4.3, S. 33). Im Sommer/Herbst dürfte der Dachs die Individuen der Grössenklasse 4 insbesondere in solchen Habitattypen am häufigsten finden, die grossräumig eine dichte, kleinräumig aber eine karge Krautschicht aufweisen (vgl. Tab. 7, S. 40).

5. DISKUSSION

5.1 Fangmethode

Die Barberfalle ist für Laufkäfer eine einfache, schnell und fast überall einsetzbare Fangmethode. Mit ihr ist das Fangen ohne tages- oder jahreszeitliche Unterbrechung möglich (MÜHLENBERG 1993, SCHEURIG et al. 1996). Nach MÜHLENBERG (1993) stellen die Laufkäfer in den Barberfallen eine der arten- und individuenreichsten Tiergruppen dar. Mit Barberfallen kann jedoch nicht abgeschätzt werden, wo die Larvenhabitats der Arten liegen (BORTMANN 1996, THIELE 1964). Die Anzahl gefangener Individuen ist nicht proportional zu den tatsächlichen Populationsdichten der Arten, da der Fang von der lokomotorischen Aktivität der Tiere abhängt (DALANG 1981, FRANKE et al. 1988, LÖSER 1980, LUFF 1975, MÜHLENBERG 1993, POSPISCHIL 1982, SCHEURIG et al. 1996, SCHLEGEL 1990, THIELE & KOLBE 1962). Nach BAARS (1979) liegt nur dann eine annähernd lineare Beziehung zwischen Aktivitäts- und Populationsdichte vor, wenn über die ganze Aktivitätsperiode gefangen wird und die Fallen wöchentlich geleert werden, was auf die vorliegende Untersuchung zutrifft. Das Fangergebnis hängt gleichzeitig auch von der Form und Grösse der verwendeten Falle ab (BAARS 1979). Des Weiteren sind folgende Effekte zu bedenken: Die durch Austrocknung entstehenden Risse zwischen der Erdoberfläche und der eingegrabenen Falle können für kleine Tiere schneller als unüberwindbare Hindernisse wirken als für grosse Tiere. In Anbetracht dessen und aufgrund ihrer geringeren lokomotorischen Reichweite sind kleine Tiere in den Fallenfängen wahrscheinlich untervertreten (BORTMANN 1996, DALANG 1981, THIELE 1962). Aber auch etwa gleich grosse Arten sind unterschiedlich laufaktiv (BORTMANN 1996, THIELE & KOLBE 1962). Die Laufaktivität der Käfer wiederum ist abhängig von den Witterungsverhältnissen (BAARS 1979) und dem physiologischen Zustand der Tiere (BRIGGS 1961). Es ist nicht auszuschliessen, dass auch die in den Fallen vorhandene Formaldehydlösung die Fangraten beeinflusst, indem ihr Geruch auf gewisse Arten anziehend oder abstossend wirken kann (DALANG 1981, LUFF 1975, MÜHLENBERG 1993, SKUHRAVY 1970). LUFF (1986) deutet darauf hin, dass Laufkäfer, die sich bereits in der Barberfalle befinden, durch Abwehrsekrete und/oder Pheromone andere Laufkäfer der gleichen Art anlocken können. Nach MÜHLENBERG (1993) und BAARS (1979) werden möglicherweise auch gewisse Tiere in die durch das Plastikdach vorgetäuschten Schlupfwinkel gelockt, da dieses das Mikrohabitat verändert.

Aufgrund der oben genannten Effekte, waren insbesondere die Individuen der Grössenklasse 1 wohl auch in den Fallenfängen im Sihlwald untervertreten. In der vorliegenden Untersuchung fiel auf, dass vor allem *Abax parallelepipedus*, *Pterostichus niger* und *Platynus assimilis* mit vereinzelt in überdurchschnittlich grossen Mengen gefangen wurden. Es ist jedoch schwierig zu beurteilen, ob diese hohen Individuenzahlen einer Art in einer Falle aufgrund des Formaldehydgeruchs oder aufgrund von Pheromonen gefangener Tiere zustande kam. Ebenso gut könnten andere Faktoren wie Witterung, besondere Standortverhältnisse, Artdominanz, Fortpflanzungsrhythmik etc. dafür verantwortlich gewesen sein. Der Vergleich von verschiedenen carabidologischen Untersuchungen, die vorliegende Studie miteingeschlossen, stellt sich allge-

mein als sehr schwierig dar, da Fallen von unterschiedlichster Form und Grösse verwendet werden.

Mit den Barberfallen der WSL wurden trotz des Drahtkreuzes, das in der Verengung des Trichters angebracht war, viele Spitzmäuse gefangen. Das Drahtkreuz verhinderte zwar, dass grössere Spitzmäuse in die Fangflaschen fielen. Die glatten Trichterwände verunmöglichten ihnen aber dennoch ein Herausklettern, womit viele im Trichter verendeten. Dies war ein unnötiger Nebeneffekt; er hätte sich aber kaum verhindern lassen.

5.2 Artenspektrum

In der vorliegenden Untersuchung überwog unter den Laufkäferarten der Entwicklungstyp der Frühjahrsfortpflanzler mit Imaginalüberwinterung, was dem Befund von MARTIUS (1986) in einem Buchenwald bei Göttingen entspricht. Das Verhältnis zwischen den drei Entwicklungstypen im Sihlwald war annähernd identisch mit jenem, das JANS (1987) für einen bei Ulm-Ermingen gelegenen Buchenwald angibt. Diese Ähnlichkeit ist deshalb nicht erstaunlich, weil die Buche im Sihlwald die Hauptbaumart darstellt (HÜNERWADEL 1993) und somit Pflanzengesellschaften mit Buchen dominieren (SPEICH 1996). *Abax parallelepipedus*, *Abax parallelus*, *Abax ovalis*, *Carabus auronitens*, *Carabus coriaceus*, *Carabus nemoralis*, *Pterostichus burmeisteri*, *Pterostichus niger* und *Pterostichus oblongopunctatus* konnten in der vorliegenden Untersuchung auf einer der höheren als subrezedenten Stufe nachgewiesen werden. Diese Arten bilden zusammen jene Gruppe, die nach SCHEURIG et al. (1996) auf rezedenter bis eudominanter Stufe zur allgemein verbreiteten Carabidenfauna in Wäldern gehört. Nach LAUTERBACH (1964) stellen *Abax parallelus*, *Abax ovalis*, *Molops piceus*, *Pterostichus burmeisteri*, *Pterostichus cristatus*, *Pterostichus madidus* und *Nebria brevicollis* typische Waldarten dar. Der letztere konnte im Sihlwald allerdings nur als subrezedente Art nachgewiesen werden. Es erstaunt nicht, dass *Abax parallelepipedus* die häufigste Art im Sihlwald darstellte (Tab. 3, S. 29). Nach MARGGI (1992) ist *Abax parallelepipedus* in der Schweiz und in allen Nachbarländern verbreitet und gilt als sehr häufig bis gemein. KOLBE (1982) bezeichnet *Abax parallelepipedus* als die zuweilen häufigste Waldart überhaupt. So wird er in vielen carabidologischen Untersuchungen, die in Wäldern durchgeführt wurden, als die dominanteste Art oder zumindest als eine der dominantesten Arten beschrieben (BORTMANN 1996, DALANG 1981, JANS 1987, LOREAU 1985, MARTIUS 1986, SCHEURIG et al. 1996, SCHLEGEL 1990). Seine weite Verbreitung rührt daher, dass er nicht so spezifisch an gewisse Umweltfaktoren gebunden ist wie andere Arten (WACHMANN et al. 1995), was ihm ein Besiedeln unterschiedlicher Habitats möglich macht. Seine hohe, relativ gleichmässige Verteilung im Sihlwald bestätigt seine enorme Flexibilität bezüglich der auf ihn einwirkenden Umweltfaktoren (vgl. Anhang III). SCHEURIG et al. (1996) zählen auch *Pterostichus niger* zu den typischen Waldarten, die über alle Waldgesellschaften verteilt sind. Dieses Bild liess sich im Sihlwald für

Pterostichus niger nicht bestätigen, schien er doch besonders die Buchenbestände zu meiden (Tab. 4, S. 36). Im Artenspektrum des Sihlwalds fallen *Cychrus attenuatus* und *Platynus assimilis* als viert- bzw. fünfhäufigste Arten auf. *Cychrus attenuatus* kommt nach WACHMANN et al. (1995) in Laub- (insbesondere Buchen-) und Nadelwäldern vor. SCHEURIG et al. 1996 beschreibt *Cychrus attenuatus* zusammen mit *Carabus auronitens* als Art montan geprägter Buchenwälder, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in botanisch sehr artenreichen Wäldern mit ausgeglichenem kühl-feuchten Klima hat. Dies erklärt wohl ihren dominanten Status und ihre relativ gleichmässige Verteilung im Sihlwald. *Platynus assimilis* gehörte dank seines geklumptes Vorkommens in den Probeflächen M1 und M2 zu den häufigen Arten des Sihlwalds (vgl. Anhang III). *Platynus assimilis* wird als Waldart bezeichnet, die mit Vorliebe in der Nähe von stehenden oder fliessenden Gewässern meist in dichtem, gern strauchigem Laubwald mit geringer Krautvegetation lebt (MARGGI 1992). DALANG (1981) ordnet *Platynus assimilis* den feuchtigkeitsliebenden Arten zu, die beinahe ausschliesslich in den Auenwäldern vorkommen. Den ökologischen Ansprüchen von *Platynus assimilis* konnten nur die beiden Probeflächen M1 und M2 in hohem Masse gerecht werden. Beide Flächen lagen ein paar Meter neben einem wasserführenden Bach in einem Mischwald mit Strauchschicht (vgl. Abb. 1, S. 17). Auf beiden Flächen gedieh der Bärlauch (*Allium ursinum*), was auf schattige und feuchte Standorte schliessen lässt. Nach SCHEURIG et al. (1996) gehören die Arten der niedrigsten Dominanzklasse zur Begleitfauna in Wäldern, die sich vorwiegend aus Offenlandarten und euryöken Arten zusammensetzt, was für diese Untersuchung zutrifft.

Der Sihlwald weist insgesamt das Artenspektrum eines typischen Buchenwaldes mit allgemein häufigen Waldarten dar. Die hohe Dominanz von *Carabus auronitens* und *Cychrus attenuatus* spricht für botanisch sehr artenreiche Wälder und ein ausgeglichenes kühl-feuchtes Waldklima. Die feuchten Böden und die zahlreichen Bäche ermöglichen zudem sehr feuchtigkeitsliebenden Arten wie *Platynus assimilis* ein Besiedeln des Sihlwalds.

5.3 Aktivitätsdichte und Biomasse der Laufkäfer im Jahresverlauf

Die jahreszeitliche Aktivitätsdichten der 17 häufigsten Arten im Sihlwald stimmen allgemein gut mit denen überein, die von MARGGI (1992) beschrieben werden. Die Aktivitätsdichten im Jahresverlauf von *Pterostichus oblongopunctatus*, *Abax parallelepipedus*, *Abax parallelus* und *Cychrus attenuatus* im Sihlwald sind ausserdem annähernd identisch mit jenen, die LOREAU (1985) für diese Arten in einem Buchenwald der belgischen Ortschaft Lembeek gefunden hat. Die höhere Anzahl Individuen und Arten im Frühling lässt sich darauf zurückführen, dass im Sihlwald insgesamt mehr frühlingsaktive Arten bzw. Arten, die dem Entwicklungstyp der

Frühjahrsfortpflanzler entsprachen, gefunden wurden (vgl. Tab. 3, S. 29). Im Gegensatz dazu war die Biomasse der gefangenen Laufkäfer im Frühling wahrscheinlich nur deshalb tendenziell höher als im Sommer/Herbst, weil *Carabus coriaceus* und *Carabus monilis* als grösste Laufkäfer des Sihlwalds vorwiegend im Sommer/Herbst aktiv waren und somit einen erheblichen Teil zur Biomasse in der zweiten Hälfte der Untersuchungsperiode beitrugen. Die vorwiegend im Frühling aktiven Arten machten auch innerhalb der Grössenklassen 1, 2 und 4 den Hauptanteil aus, was die höhere Aktivität dieser Grössenklassen im Frühling erklärt. Obwohl die Individuen der Grössenklasse 4 im Frühling aktiver waren, ergab sich für deren Biomasse keinen jahreszeitlichen Unterschied. Dies ist vermutlich wiederum auf *Carabus coriaceus* und *Carabus monilis* zurückzuführen. Die sommerlich höhere Aktivität der Individuen der Grössenklasse 3 kam wahrscheinlich zu einem guten Teil durch die dominante Art *Pterostichus niger* zustande, die mit einer hohen Aktivitätsdichte beinahe ausschliesslich im Sommer/Herbst zu finden war.

Im Sihlwald überwogen die Arten mit Frühjahrsfortpflanzung und Imaginalüberwinterung, wodurch die Hauptaktivität der Laufkäfer im Sihlwald in die Frühlingsmonate fiel. Vor allem einige grosse Arten waren vorwiegend im Sommer/Herbst aktiv.

5.4 Einfluss ausgewählter Umweltfaktoren auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer im Sihlwald

Witterung

Die Aktivitätsdichte wird primär von der Fortpflanzungsrhythmik bestimmt und wird sekundär vom Ökoklima des Bodens und seiner Oberfläche gesteuert, das vom Witterungsverlauf abhängig ist (GEILER & BELLMANN 1974). Die Witterung spielt für kurzzeitige Aktivitätsfluktuationen eine entscheidende Rolle (GEILER & BELLMANN 1974, LAUTERBACH 1964). Dabei erweist sich die Niederschlagstätigkeit bzw. Feuchtigkeit als der stärkste aktivitätsbestimmende Faktor (GEILER & BELLMANN 1974, LAUTERBACH 1964). Niedrige Luftfeuchtigkeit unterbindet eine Aktivität ganz (LAUTERBACH 1964). Im Sihlwald konnte kein direkter Zusammenhang der Niederschlagstätigkeit mit der Aktivität der Laufkäfer ermittelt werden. Deshalb lässt sich im Sihlwald eine relative Feuchtigkeit vermuten, die im bevorzugten Spektrum der Laufkäfer liegt und die aufgrund der allgemein hohen Niederschläge keinen extremen Schwankungen unterliegt. Nach LAUTERBACH (1964) erweist sich die Aktivität der Laufkäfer als streng temperaturabhängig, sofern die relative Feuchte in deren bevorzugtem Spektrum liegt. Die enge Korrelation der Aktivität der Laufkäfer mit der Temperatur im Sihlwald kann dies bestätigen. Die meisten im Wald lebenden Laufkäfer sind zwischen 16 und 25 °C, einige wenige

zwischen 11 und 16 °C (z. B. *Cychrus attenuatus*, *Molops piceus*) am aktivsten (LAUTERBACH 1964). Der die Aktivität der Laufkäfer stark hemmende Temperatureinbruch in der Woche vom 9. bis 16. Juni 1998, bei dem die Temperatur im Sihlwald im Durchschnitt bis auf etwa 10°C sank, ist damit verständlich.

Waldtyp

In der vorliegenden Arbeit konnte kein Unterschied in der Anzahl Arten zwischen den Waldtypen gefunden werden. Die Buchenbestände wiesen durchschnittlich 18 Arten, die Fichtenbestände durchschnittlich 18.5 Arten und die Mischbestände durchschnittlich 18.83 Arten auf. In einem submontanen Buchenwald bei Ulm-Ermingen konnte JANS (1987) innerhalb eines Jahres 48 Arten nachweisen. Die höhere Artenzahl als in den Buchenbeständen des Sihlwalds ist darauf zurückzuführen, dass JANS (1987) Fallen mit Fangrinnen verwendete, die die Laufkäfer zur Falle lenken und dadurch die Fangeffizienz der Fallen erhöhen. SCHEURIG et al. (1996) fingen während einer Untersuchungszeit von zwei Jahren in zwei Buchenwäldern Südwestdeutschlands 18 bzw. 20 Arten und in einem Fichtenforst 14 Arten. SCHLEGEL (1990) untersuchte einen Mischwald (Laub- und Nadelholz) in der St. Gallischen Gemeinde Thal. Während einer Untersuchungsperiode, die von Mai bis November dauerte, konnte er 15 Arten feststellen. DALANG (1981) untersuchte die Carabidenfauna zweier Buchen-, Föhren- und Auenwälder am Üetliberg. Der Üetlibergwald liegt in demselben zusammenhängenden Laubmischwald des schweizerischen Mittellands wie der Sihlwald und ist deshalb, wenigstens bezüglich der geographischen Lage, gut mit diesem vergleichbar. So konnten alle im Sihlwald gefundenen Arten, mit Ausnahme von *Bembidion deletum*, *Carabus glabratus* und *Poecilus versicolor*, auch im Üetlibergwald nachgewiesen werden. Innerhalb eines Jahres fand DALANG (1981) in den Buchenwäldern 24 bzw. 25 Arten, in den Föhrenwäldern 16 bzw. 19 Arten und in den Auenwäldern 23 bzw. 34 Arten. Er stellte fest, dass nur wenige Arten in den Föhrenwäldern günstigere Bedingungen als in den anderen Waldtypen fanden. Der Föhrenwald tendierte zur Verarmung an Arten. KOLBE (1982) konnte ebenfalls eine geringere Artenzahl in einer Fichtenmonokultur als in einem Laubmischwald finden, was auf die vorliegende Untersuchung zumindest statistisch nicht zutrifft. Die Fichtenbestände des Sihlwalds werden vermutlich durch das kleinräumige Mosaik der Waldtypen in ihrer Artenzahl beeinflusst. Damit lässt sich vermutlich auch die höhere Aktivität von *Carabus auronitens* in den Fichtenbeständen erklären. Vor allem grosse Laufkäfer sind aufgrund ihrer enormen Mobilität in der Lage verhältnismässig weite Strecken zurückzulegen.

Für einige der Arten der Grössenklasse 2 sind in der Literatur Beschreibungen über deren Lebensweise zu finden, die den Unterschied bezüglich der Anzahl Individuen der Grössenklasse 2 zwischen den Buchen- und Fichtenbeständen im Sihlwald untermauern. Nach MARGGI (1992) meidet *Platynus assimilis* den Nadelwald. Als Arten der montan/kollin geprägten Buchenwälder findet *Pterostichus burmeisteri* seine Idealbedingungen in kühl-feuchten bis mässig kühl-feuch-

ten Buchenwäldern vor (SCHEURIG et al. 1996). Nach DÜCKER et al. (1997) und MARGGI (1992) zeigt *Pterostichus burmeisteri* eine Vorliebe für Buchen- und Mischwälder, was in der vorliegenden Diplomarbeit bestätigt werden konnte. DALANG (1981) bezeichnet *Pterostichus oblongopunctatus* als charakteristische Buchenwaldart. So schien *Pterostichus oblongopunctatus* auch im Sihlwald die Buchenbestände den anderen beiden Waldtypen vorzuziehen (vgl. Tab. 5, S. 37). *Pterostichus cristatus* wurde von DALANG (1981) vor allem in Auen- und Buchenwäldern, aber nur vereinzelt in Föhrenwäldern gefunden. *Molops piceus* lebt vorzugsweise in der Bodenschicht der Laubmischwälder (MARGGI 1992) bzw. in feuchten Laubwäldern (DÜCKER et al. 1997, WACHMANN et al. 1995).

Der Waldtyp gehört im Sihlwald nicht zu den für die Aktivitätsdichte der Laufkäfer massgebenden Faktoren. Nur einzelne Arten sind in Buchenbeständen häufiger. Die Biomasse der grössten Laufkäfer ist in den Fichtenbeständen am grössten.

Deckungsgrad der verschiedenen Vegetationsschichten

In der vorliegenden Untersuchung konnte ein Einfluss der Vegetationsdecke auf die Laufkäferfauna festgestellt werden, wobei nicht nur die Krautschicht sondern auch die Strauch- und Baumschicht und in wenigen Fällen die Mooschicht einen Einfluss auf die Individuen- und Artenzahlen hatten. Der Einbezug der Baum- und Strauchsicht in die Regressionsgleichungen ist dadurch zu erklären, dass die verschiedenen Vegetationsschichten in ihrer Ausprägung voneinander abhängen. So ist eine Krautschicht zum Beispiel umso dichter, je geringer der Deckungsgrad der Baumschicht ist. Die Mooschicht hing allerdings vom Waldtyp ab. Sie war vorwiegend auf die Fichtenbestände beschränkt. Die Buchenbestände wiesen wegen der ausgeprägten Laubstreuerschicht keine Mooschicht auf.

Aus vielen Untersuchungen ist bekannt, dass die Individuen- und Artenzahl der Laufkäfer mit dem Deckungsgrad der Krautschicht positiv korreliert (vgl. Kap. 1.2, S. 10). DALANG (1981) nimmt an, dass in trockeneren Perioden des Jahres an Orten mit dichtem Krautbestand trotzdem eine für die Laufkäfer notwendige Restfeuchtigkeit erhalten bleibt, da ein dichter Krautbestand die darunterliegende Luftschicht gut isoliert und die direkte Sonnenbestrahlung und die damit verbundene Bodenaustrocknung vermindert. Die unterschiedlichen Vegetationsschichten im Sihlwald wirkten sich aber nicht immer positiv auf die Laufkäferfauna aus. Der Deckungsgrad der Krautschicht im Umkreis von 25 m² bzw. 100 m² spielt in Bezug auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer eine unterschiedliche Rolle. Allgemein fällt auf, dass die Krautschicht im Umkreis von 25 m² einen negativen, diejenige im Umkreis von 100 m² jedoch einen positiven Einfluss hatte, wenn beide erklärenden Variablen gleichzeitig auftraten. Es ist denkbar, dass die Populationsdichte positiv mit dem grossräumigen Deckungsgrad der Krautschicht wegen des feuchten Mikroklimas korreliert. Die Laufkäfer sind in dem von ihnen besiedelten Raum gleich-

zeitig aber lokal umso aktiver, je kleiner der Deckungsgrad der Krautschicht ist. Laufkäfer sind indirekt über ihre Beutetiere von den Pflanzen der Krautschicht abhängig. Ist nur eine karge Krautschicht vorhanden, sind die Laufkäfer gezwungen aktiver nach Beute zu suchen, was eine Steigerung ihrer Aktivität und somit einen höheren Fallenfang zur Folge hat. So vermutet auch GRÜM (1971), zitiert in BAARS (1979), dass die Laufkäfer in Habitaten mit dünnerer Beutedichte eine grössere lokomotorische Aktivität zeigen als in solchen mit höherer Beutedichte, und der Fallenfang daher an einem für Laufkäfer als Jagdhabitat weniger geeigneten Standort vergleichsweise höher ausfallen sollte. Die lokomotorische Aktivität wird an solchen Standorten zudem durch einen geringen Raumwiderstand begünstigt. Vor allem Fichtenbestände weisen wegen des Nadelteppichs einen viel geringeren Raumwiderstand auf als die Buchenbestände mit ihrer Laubstreu. Darin ist zusammen mit einem kleinräumigen Mosaik der Waldtypen im Sihlwald vermutlich die Erklärung zu finden, weshalb die Fichtenbestände im Sihlwald eine vergleichsweise hohe Individuen- und Artenzahl aufweisen.

Neben der oben erwähnten Bodenfeuchtigkeit spielen weitere Einflussfaktoren eine Rolle, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfasst wurden. Vermutlich sind solche Faktoren für den nicht erklärbaren Anteil der Varianzen verantwortlich. Die Artendiversität der Krautpflanzen beeinflusst das Spektrum der Beutetiere für Laufkäfer und indirekt damit deren Vorkommen. Einzelne Laufkäferarten zeigen eine Präferenz für Stammnähe oder Stammferne (BORTMANN 1995, 1996, DALANG 1981, JANS 1987). DALANG (1981) ist der Meinung, dass eine dicke Schicht Buchenstreu eine ähnliche Wirkung auf das Mikroklima wie die Krautschicht haben kann.

In Waldbeständen mit allgemein üppiger jedoch nicht homogen verteilter Krautschicht ist die Laufkäferaktivität im Sihlwald am höchsten. Eine dichte Krautschicht wird durch eine geringe Baum- und Strauchschicht begünstigt. Insbesondere alte Waldbestände weisen eine lockere Baumschicht und eine spärliche Strauchschicht auf.

Totholz

Für wenige Arten wird in der Literatur eine positive Korrelation zwischen der Aktivitätsdichte und der Totholzdichte beschrieben. So zum Beispiel für mehrere brutfürsorgende Arten der Gattungen *Abax* und *Molops* in hochgelegenen Wäldern (BÜCKING et al. 1998). BÜCKING et al. (1998) vermuten, dass das Totholz von brutfürsorgenden Arten in hochgelegenen Wäldern (ab 900 m ü.M.) verstärkt genutzt wird, weil die Wälder dieser Höhenlagen neben dem Totholz arm an Bodenoberflächenstrukturen sind, die in niedrig gelegenen Wäldern zur Anlage von Bruthöhlen dienen. BORTMANN (1995, 1996) konnte auf einer Windbruchfläche einen positiven Zusammenhang zwischen der Aktivitätsdichte von *Pterostichus niger* und der Totholzdichte nachwei-

sen. Dennoch sind nach BÜCKING et al. (1998) kaum wesentliche bzw. einheitlich interpretierbare Unterschiede zwischen totholzreicheren und totholzärmeren Waldbeständen festzustellen. Im Sihlwald konnte weder für die Arten der Gattung *Abax* und *Pterostichus burmeisteri*, die von verschiedenen Autoren als brutfürsorgende Arten bezeichnet werden (BÜCKING et al. 1998, LÖSER 1970, WACHMANN et al. 1995), noch für *Pterostichus niger* eine höhere Aktivitätsdichte entlang von Totholzstrukturen gefunden werden. Für die brutfürsorgenden Arten im Sihlwald scheint das Totholz als Substrat zur Anlage von Bruthöhlen nicht essentiell zu sein. Der Grund dafür ist wahrscheinlich in der gut ausgeprägten und vielfältigen Bodenoberflächenstruktur und/oder in den feuchten Böden des Sihlwalds zu finden. Nach LÖSER (1970) brauchen zum Beispiel die Weibchen von *Abax parallelepipedus* zum Ablegen der Eier feuchtes, lehmiges Substrat, aus dem sie eine Schutzhülle formen. Die Wichtigkeit des Totholzes ist allerdings nicht zu unterschätzen. Vor allem in Wäldern mit karger Laub- und Krautschicht nimmt das Totholz als Versteck und Übernachtungshabitat, aber auch als Winterquartier für viele Laufkäferarten eine wichtige Stellung ein (BORTMANN 1996, BÜCKING et al. 1998). So können bei winterlichen Aufsammlungen zahlreiche Arten im oder unter Totholz nachgewiesen werden (BÜCKING et al. 1998, persönliche Beobachtung).

Liegendes Totholz beeinflusst im Sihlwald die Aktivitätsdichte der Laufkäfer nicht. Als Versteck und Ruheplatz und vor allem als Überwinterungshabitat ist das Totholz für die Laufkäfer aber von Bedeutung.

5.5 Laufkäfer - eine zufällig aufgenommene oder qualitativ essentielle Beute des Dachses?

Der Vergleich zwischen den Laufkäferdaten aus Barberfallen und der Nahrungsnutzung des Dachses ist mit verschiedenen Unsicherheiten behaftet, die mit methodischen Schwierigkeiten bei der Bestimmung und Quantifizierung der Überreste aus dem Dachskot zusammenhängen (MINDER 1999).

Der Zusammenhang der Auftretensfrequenz der Laufkäfer im Dachskot mit der Aktivitätsfrequenz der Laufkäfer im Sihlwald lässt auf ein opportunistisches Verhalten des Dachses schliessen. Die Laufkäfer würden vom Dach somit zufällig während ihrer Aktivitätsphase aufgenommen. Dabei fällt aber auf, dass innerhalb der Arten und Artengruppen nur Korrelationen für die grössten Laufkäfer auftraten. Zudem war die Nutzung der Grössenklasse 4 überdurchschnittlich hoch. Es ist deshalb zu vermuten, dass der Dachse selektiv nach grossen Laufkäfern sucht. Für ein selektives Verhalten des Dachses spricht auch die fehlende jahreszeitliche Korrelation zwischen der Auftretensfrequenz der Grössenklasse 2/3 im Dachskot und deren Aktivitäts-

frequenz im Sihlwald sowie die durchschnittlich geringere Frequenz der Grössenklasse 2/3 im Dachskot. Kleinere Arten und somit auch Arten der Grössenklassen 2/3 sind zum Teil nicht nur nachtaktiv, sondern auch tagaktiv (THIELE 1964). Für den Dachs als nachtaktive Tierart sind tagaktive Laufkäfer als Nahrungsressource allerdings nicht relevant.

Wie aus Untersuchungen von MINDER (1999) und HINDENLANG & MINDER (in Vorb.) bekannt ist, werden die Laufkäfer vor allem in den Sommermonaten bei hohen Temperaturen als Alternativbeute für den Dachs wichtiger, weil zu dieser Zeit die Regenwürmer als Hauptnahrungsquelle knapp sind. Während des Sommers stellen die Laufkäfer aber dennoch mit einem durchschnittlichen Volumen von <10% anteilmässig einen sehr kleinen Teil der Gesamtnahrung des Dachses dar. Aufgrund der vorangegangenen Erkenntnisse ist es denkbar, dass grosse Laufkäfer im Sommer deshalb vom Dachs selektiv gesucht werden, weil sie für ihn während dieser Zeit eine qualitativ essentielle Rolle spielen. Die hohe Auftretensfrequenz von Laufkäfern im Dachskot stützt eine solche Interpretation. So vermutet MINDER (1999) denn auch, dass die physiologischen Ansprüche des Dachses im Sommer sehr divers sind und diese die Nahrungswahl beeinflussen könnten. Wird der Einfluss der Umweltfaktoren auf die Anzahl Individuen der Grössenklasse 4 und deren Biomasse miteinbezogen, sind in den Frühlingsmonaten für den Dachs die Fichtenbestände des Sihlwalds an grossen Laufkäfern am ergiebigsten (vgl. Kap. 4.3, S. 33). Im Sommer/Herbst sind diejenigen Habitattypen des Sihlwalds reich an grossen Laufkäfern, die zusammen mit einer grossräumig dichten Krautschicht eine geringe Strauchschicht oder eine geringe Baumschicht aufweisen (vgl. Tab. 7, S. 40). Dazu zählen insbesondere alte Waldbestände.

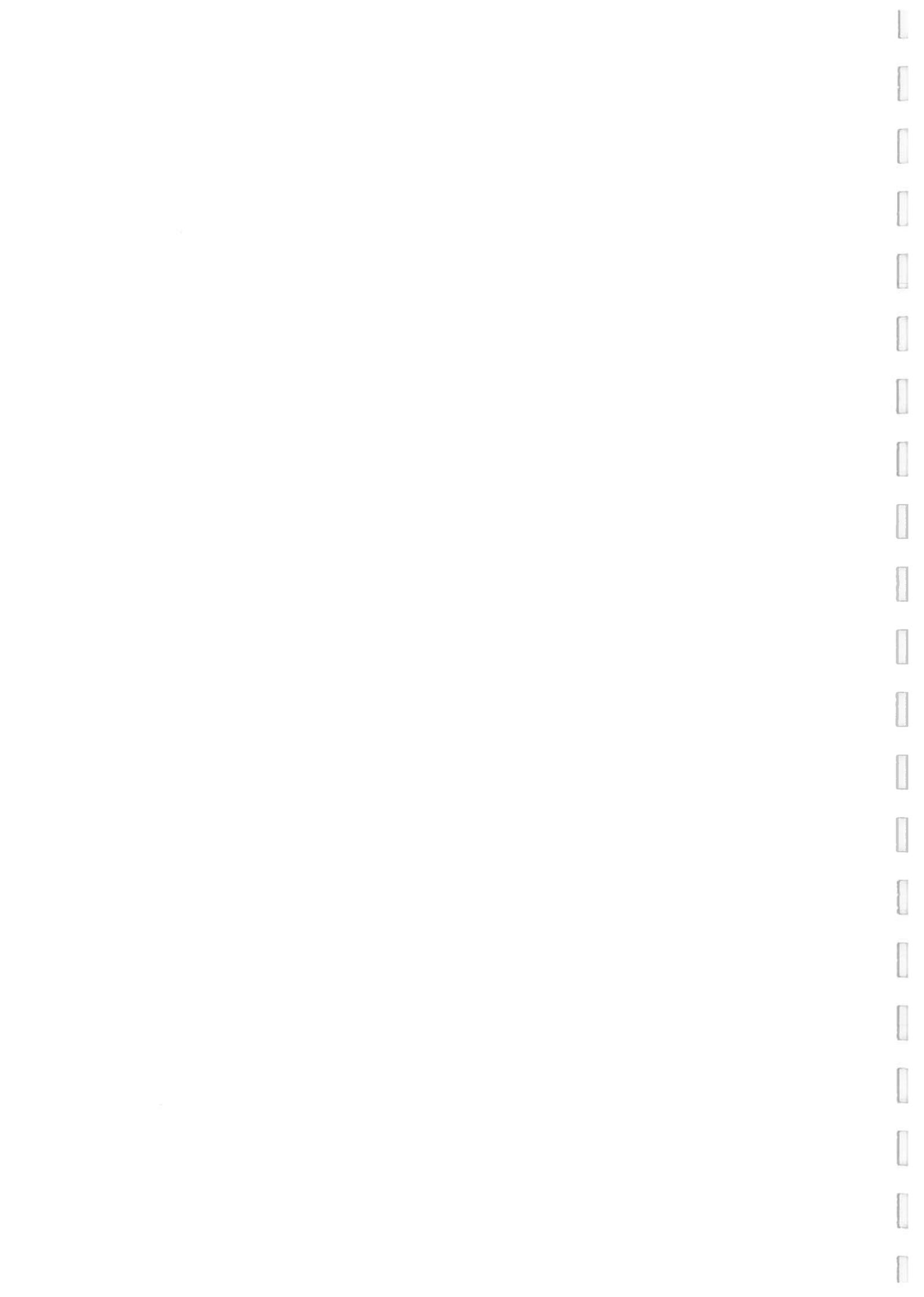
5.6 Die Bedeutung des Sihlwalds für die Laufkäferfauna

Die Laufkäfer finden im Sihlwald vielfältige Böden und Bodenbedeckungen vor. Daneben dürften im Sihlwald auch Mooshabitats, Quellsümpfe und Waldmoorböden, Rutschungen, lehmige, steile Tobelwände und Tuffbildungen interessante Biotop für die Käfer sein (MEIER et al. 1988). Es sind im Sihlwald deshalb noch weit mehr Laufkäferarten zu vermuten als in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden konnten. Für Feuchtgebietsarten bestehen im Sihlwald vor allem in der Nähe von Gewässern, an Sümpfen oder in Feuchtwiesen der Lichtungen gute Lebensbedingungen. So konnte im Sommer 1997 während einer Pilotphase in einem lichten und sehr feuchten Fichtenwald die äusserst eurytope Uferart *Pterostichus rhaeticus* nachgewiesen werden, die nach MARGGI (1992) an Gewässern mit mässiger Beschattung zu finden ist. Als ausgesprochene Offenlandarten wurden im Jahre 1997 *Clivina fossor*, *Bembidion lampros*, *Pterostichus vernalis*, *Pterostichus strenuus* und *Amara plebeja* in der Lichtung "Summerhalden" gefangen. In derselben Lichtung trat 1997 auch *Carabus granulatus* auf, der ebenfalls einige Male im Dachskot nachgewiesen werden konnte (MINDER 1999, HINDENLANG & MINDER in Vorb.). *Carabus violaceus* und *Carabus auratus* konnte bis anhin nur im Kot der Sihlwalddachse gefunden werden. *Carabus auratus* ist eigentlich eine typische Offen-

landart der Wiesen, Felder und Gärten, und gilt in der Schweiz als gefährdet (MARGGI 1992). Nach WACHMANN et al. (1995) besiedelt er aber auch Waldränder. Im weiteren kann das Vorkommen von *Carabus auratus* auf Lichtungen nicht ausgeschlossen werden.

Wie sich die in der "Naturlandschaft Sihlwald" angestrebte natürliche Dynamik auf das Artenpotential und die Artendiversität der Laufkäfer auswirken wird, ist schwierig abzuschätzen. Auch unter Einfluss der natürlichen Dynamik dürften die zur allgemeinen Waldcarabidenfauna zählenden Laufkäferarten im Sihlwald individuenmässig überwiegen. Die Waldränder würden wieder blütenreiche Strauch- und Krautsäume bilden (MEIER et al. 1988), was den heckenbewohnenden Arten zugute käme. Offene Flächen wie die Lichtung "Summerhalden" würden jedoch mit der Zeit verwalden. Damit würden insbesondere Offenlandarten aus dem Sihlwald verschwinden (MEIER et al. 1988). Andererseits bieten Windbrüche, wie sie 1999 der Sturm Lothar gefordert hat, gute Lebensbedingungen für Arten des Offenlands (BORTMANN 1996). Durch grosse Windbrüche könnte allerdings vor allem bezüglich der stenöken Waldarten eine räumlich lückenhafte Verteilung entstehen.

Es ist möglich, dass mit einer Zunahme der natürlichen Walddynamik auch die Artendiversität zunimmt. Denn durch die natürliche Dynamik könnten neue Nischen entstehen, die besonders den Spezialisten unter den Laufkäfern geeignete Bedingungen bieten.



LITERATUR

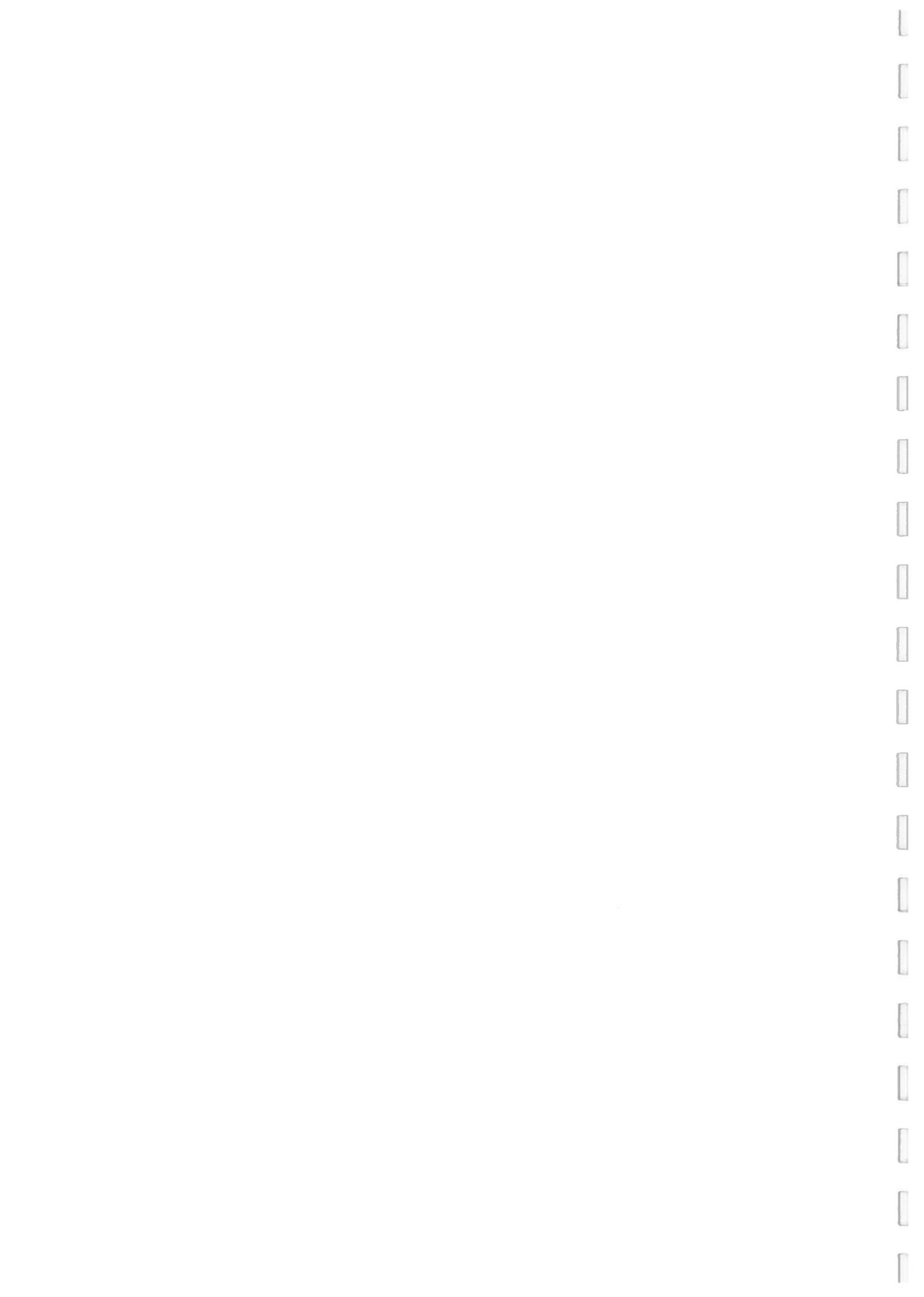
- BAARS, M.A. (1979): Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia (Berl.)* 41: 25-46.
- BARBER, H.S. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 46: 259-266.
- BEYER, R. (1964): Über Beziehungen zwischen Standort, Witterung und Aktivität der Fauna der Laubstreu in einem nordwestsächsischen Waldgebiet. *Pedobiologia* 4(3): 192-209.
- BIEGGER, S., HÄNNI, H. & P. OTT (1996): Beiträge zur Naturlandschaft Sihlwald. Eine Auftragsarbeit der Stiftung Naturlandschaft Sihlwald. Integratives Projekt 1995/96, Geographisches Institut der Universität Zürich.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien, New York, 3. Auflage.
- BRIGGS, J.B. (1961): A comparison of pitfall trapping and soil sampling in assessing the populations of two species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Rep. East Malling Res. Stat. For* 1960: 108-112.
- BORTMANN, I. (1995): Heterogenität in der Verteilung der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) eines Buchenwaldes (Asperulo-Fagetum). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 10.
- BORTMANN, I. (1996): Heterogenitäten der Besiedlung durch Laufkäfer (Col.: Carabidae) in einem Buchenwald. *Faun.-Ökol. Mitt. Suppl.* 22: 87-126.
- BÜCKING, W. et al. (1998): Faunistische Untersuchungen in Bannwäldern. Holzbewohnende Käfer, Laufkäfer und Vögel. *Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg* 203: 118-155.
- BUTTERFIELD, J. (1997): Carabid community succession during the forest cycle in conifer plantations. *Ecography* 20: 614-625.
- DALANG, T. (1981): Zur Beurteilung der Biotopansprüche verschiedener Laufkäferarten (Coleoptera: Carabidae) auf Grund ihrer Verbreitung in Schweizer Wäldern. *Diss. ETH Zürich*.
- DICHT, M. (1985): Laufkäfer und ihre Rolle im Naturhaushalt. *Der Biologische Land- und Gartenbau* 101: 6-10.
- DÜCKER, A., SCHMÜSER, H., HEUBEL, K., BORCHERDING, R., HEUBEL, V., MÜLLER-REICH, C., PAHNKE, K., GIENAPP, P., NÖTZOLD, R. & V. NÖTZOLD (1997): Laufkäfer. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung DJN, Hamburg.
- DUELLI, P., STUDER, M. & E. KATZ (1990): Minimalprogramme für die Erhebung und Aufbereitung zoo-ökologischer Daten als Fachbeiträge zu Planungen am Beispiel ausgewählter Arthropodengruppen. *Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz* 32: 211-222.
- FRANKE, U., FRIEBE, B. & L. BECK (1988): Methodisches zur Ermittlung der Siedlungsdichte von Bodentieren aus Quadratproben und Barberfallen. *Pedobiologia* 32: 253-264.
- FREUDE, H., HARDE, K.W. & G.A. LOHSE (1976): Die Käfer Mitteleuropas, Band 2, Adephaga 1. Goecke & Evers, Krefeld.
- GEILER, H. & C. BELLMANN (1974): Zur Aktivität und Dispersion der Carabiden in Fichtenforsten des Tharandter Waldes. *Faun. Abh. Staatl. Mus. Naturk. Dresden* 5: 1-71.
- HENRY, C. (1984): Eco-éthologie de l'alimentation du blaireau européen (*Meles meles* L.) dans une forêt du centre de la France. *Mammalia* 48(4): 489-503.
- HEYDEMANN, B. (1953): Agrarökologische Problematik, dargestellt an Untersuchungen über die Tierwelt der Bodenoberfläche der Kulturfelder. *Diss. Universität Kiel*.
- HEYDEMANN, B. (1955): Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren. *Ber. 7. Wandervers. dt. Entomol.*: 172-185.

- HINDENLANG, K. & I. MINDER (in Vorb.): Diet of the European badger (*Meles meles* L.) in two different habitats: forest versus agricultural land.
- HÜNERWADEL, D. (1993): Der Sihlwald - ein Steckbrief. Blätter der Vereinigung pro Sihltal 43: 2.
- JANS, W. (1987): Struktur und Dynamik der Carabidenzönosen von Laubwäldern unter besonderer Berücksichtigung der lokomotorischen Aktivität. Dissertation Universität Ulm.
- JAROSIK, V. (1989): Mass vs. length relationship for carabid beetles (Col., Carabidae). *Pedobiologia* 33: 87-90.
- KOLBE, W. (1982): Die Käfer der Bodenstreu ausgewählter Waldbiotope im Gebiet der Gelpe in Wuppertal (MB 4709). *Jber. naturwiss. Verein Wuppertal* 35: 32-37.
- KRUUK, H. (1989): *The Social Badger*. Oxford University Press, Oxford.
- KRUUK, H. & T. PARISH (1981): Feeding specialization of the European badger (*Meles meles*) in Scotland. *J. Anim. Ecol.* 50(3): 773-788.
- LAUTERBACH, A.W. (1964): Verbreitungs- und aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in sauerländischen Wäldern. *Abhandlungen aus dem Landesmuseum für Naturkunde zu Münster in Westfalen* 26 (4): 3-103.
- LOHSE, G.A. & W.H. LUCHT (1989): *Die Käfer Mitteleuropas, 1. Supplementband*. Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- LOREAU, M. (1985): Population density and biomass of Carabidae (Coleoptera) in a forest community. *Pedobiologia* 27: 269-287.
- LÖSER, S. (1970): Brutfürsorge und Brutpflege bei Laufkäfern der Gattung *Abax*. *Verh. Dt. Zool. Ges. Würzburg* 1969: 322-326.
- LÖSER, S. (1980): Zur tageszeitlichen Aktivitätsverteilung von Arthropoda der Bodenstreu (Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Opiliones, Araneae) eines Buchen-Eichen-Waldes (*Fago-Quercetum*). *Entomologia Generalis* 6(2/4): 169-180.
- LUFF, M.L. (1975): Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia (Berl.)* 19: 345-357.
- LUFF, M.L. (1986): Aggregation of some Carabidae in pitfall traps. In: BOER DEN, P.J., LUFF, M.L., MOSSAKOWSKI, D. & F. WEBER (1986): *Carabid beetles. Their adaptations and dynamics*. Fischer, Stuttgart, New York: 385-397.
- LÜDI, W. & B. STÜSSI (1941): Die Klimaverhältnisse des Albisgebietes. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel*, 18.
- LÜPS, P., ROPER, T.J. & G. STOCKER (1987): Stomach contents of badgers (*Meles meles* L.) in central Switzerland. *Mammalia* 51(4): 559-569.
- MARGGI, W.A. (1992): Faunistik der Sandlaufkäfer und Laufkäfer der Schweiz (Cicindelidae & Carabidae) Coleoptera: unter besonderen Berücksichtigung der "Roten Liste". *Centre suisse de cartographie de la faune*, Neuchâtel.
- MARTIUS, C. (1986): Die Laufkäferfauna (Coleoptera: Carabidae) eines Kalkbuchenwaldes. *Drosera* 1: 1-11.
- MEIER, C. et al. (1988): Projekt "Naturlandschaft Sihlwald", Teilbereich Fauna. Stadtforstamt Zürich. Schwerzenbach.
- MINDER, I (1999): Vom Kot zur Speisekarte. Untersuchung der Nahrungsnutzung des Europäischen Dachses (*Meles meles* L.) im Gebiet Sihlwald anhand von Kotanalysen. Diplomarbeit, Zool. Institut, Universität Zürich.
- MOUCHES, A. (1981): Variations saisonnières du régime alimentaire chez le blaireau européen (*Meles meles* L.) *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 35: 183-194.

- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie, 3. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden.
- NABULON, T. (1998): Wo kann der Dachs (*Meles meles* L.) im Sihlwald Regenwürmer (*Lumbricidae*) finden? Untersuchung über Angebot und Verfügbarkeit von Regenwürmern für Wildtiere im Sihlwald. Diplomarbeit, Zool. Institut, Universität Zürich.
- NEAL, E. & C. CHEESEMAN (1996): Badgers. T & AD Poyser Ltd., London.
- NOVAK, B. (1973): Jahreszeitliche Dynamik der diurnalen Aktivität bei Carabiden in einem Waldbiotop (Col. Carabidae). Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium 43: 251-280.
- POSPISCHIL, R. & H.-U. THIELE (1979): Bodenbewohnende Käfer als Bioindikatoren für menschliche Eingriffe in den Wasserhaushalt eines Waldes. Verhandlungen der Gesellschaft für Oekologie (Münster 1978): 453-463.
- POSPISCHIL, R. (1982): Käfer als Indikatoren für den Wasserhaushalt des Waldes. Decheniana - Beihefte (Bonn) 26: 158-170.
- RIECKEN, U. & U. RIES (1992): Untersuchung zur Raumnutzung von Laufkäfern (Col.: Carabidae) mittels Radio-Telemetrie. Methodenentwicklung und erste Freilandversuche. Z. Ökologie u. Naturschutz 1: 147-149.
- ROPER, T.J. & P. LÜPS (1995): Diet of badgers (*Meles meles*) in central Switzerland: an analysis of stomach contents. Z. Säugetierkunde 60: 9-19.
- SCHEURIG, M., HOHNER, W., WEICK, D., BRECHTEL, F. & L. BECK (1996): Laufkäferzönosen südwestdeutscher Wälder - Charakterisierung, Beurteilung und Bewertung von Standorten. Carolea 54: 91-138.
- SCHIEGG, K. & B. NIEVERGELT (1998): Rahmenbedingungen für eine ökosystemare Naturwaldforschung. Arbeitsbericht zur Forschung im Sihlwald. Wissenschaftliche Kommission Naturlandschaft Sihlwald.
- SCHIEGG, K. (1999): Influencing factors of saproxylic insects: habitat relationship of an endangered ecological group. Professur für Natur- und Landschaftsschutz. Dissertation, ETH Zürich.
- SCHLEGEL, J. (1990): Räumliche und zeitliche Einnischung bei Laufkäfern (Coleopter, Carabidae) unter besonderer Berücksichtigung ihrer mikroklimatischen Ansprüche. Diplomarbeit, Zool. Museum, Universität Zürich.
- SKINNER, C.A. & P.J. SKINNER (1988): Food of badgers (*Meles meles*) in arable area of Essex. J. Zool. Lond. 215: 360-362.
- SKUHRVAVY, V. (1970): Zur Anlockungsfähigkeit von Formalin für Carabiden in Bodenfallen. Beitr. Ent. 20(3/4): 371-374.
- SPEICH, A. (1996): Naturlandschaft Sihlwald, Haben oder Sein in der Waldnatur. In: Mensch und Natur: Festschrift zur 250-Jahr-Feier der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1746-1996, Koprnt AG, Alpnach Dorf: 214-225.
- STOCKER, G. & P. LÜPS (1984): Qualitative und quantitative Angaben zur Nahrungswahl des Dachses *Meles meles* im Schweizerischen Mittelland. Revue suisse de Zool. 91: 1007-1015.
- THIELE, H.-U. & W. KOLBE (1962): Beziehungen zwischen bodenbewohnenden Käfern und Pflanzengesellschaften in Wäldern. Pedobiologia 1: 157-173.
- THIELE, H.-U. (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. Z. Morph. Ökol. Tiere 53: 387-452.
- TRAUTNER, J. & K. GEIGENMÜLLER (1987): Tiger beetles ground beetles: illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Margraf Aichtal.
- WACHMANN, E., PLATEN, R. & D. BRANDT (1995): Laufkäfer: Beobachtung, Lebensweise. Naturbuch-Verlag, Augsburg.

WELTI, S. (1998): Totholzabhängige Käfer (*Coleoptera*) und Totholzangebot im Sihlwald (Kt. Zürich). Diplomarbeit, Zool. Museum, Universität Zürich.

ZAR, J.H. (1984): Biostatistical analysis. Prentice-Hall International. New Jersey.



DANK

Mein erster Dank gilt meiner Betreuerin Karin Hindenlang und Prof. Dr. Bernhard Nievergelt, die mir diese Arbeit überhaupt ermöglichten und mir unterstützend beiseite standen.

Prof. Dr. P. Duelli (WSL, Birmensdorf) danke ich für das Zurverfügungstellen der Barberfallen sowie für die fachlich wertvollen Ratschläge und Diskussionen. Die Ausleihe der Temperaturlogger sowie des Laptops mit entsprechend installierter Software vom Geographischen Institut der Universität Zürich verdanke ich Prof. Dr. P. Fitze. Thomas Nabulon überliess mir seine Regenmesser für die Niederschlagsaufnahmen und lieh mir seinen Veloanhänger für den Transport der Fallenflaschen. Über die Schenkung von 60 Karton-Stulpschachteln der Firma Brieger Verpackungen AG, Zürich war ich überaus froh. Sie erleichterten mir das Aufbewahren der gefangenen Carabiden.

Einen gebührenden Dank verdient auch Peter Wirz (WSL, Birmensdorf), der mir beim Aufstellen, Abbrechen und Waschen der Barberfallen tatkräftig zur Seite stand. Trotz strömendem Regen oder mir zuliebe gemachter Überzeit verlor er nie seinen Humor. Tatjana Mickasch danke ich für die Hilfe beim Aufstellen der 54 Fallen in Rekordzeit und Reto Wyss für die Hilfe beim Abbrechen der Fallen bei doch eher feuchten Verhältnissen.

Einen Menschen, der von den Käfern angetan ist, fand ich in Henryk Luka vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick. Er gab mir eine wertvolle Einführung in die Carabidenkunde und wichtige Hinweise im Hinblick auf die Bestimmung der einzelnen Arten. Ihm habe ich die Determination schwierig zu bestimmender Carabidenarten und die Kontrolle einiger Individuen, mit deren Bestimmungsergebnis ich nicht sicher war, zu verdanken. Für die Vor- und Ratschläge, die vielen Diskussionen und die konstruktive Kritik möchte ich René Güttinger und Thomas Nabulon ganz herzlich danken. Es war auch Thomas, der mich einige Male im Feld unterstützte. Wolf Blanckenhorn half mir in statistischen Angelegenheiten mit kompetenter Beratung. Stephan Imfeld half mir bei der Erstellung der Sihlwaldkarte aus dem GIS.

Einen besonders grossen und mit vielen Erinnerungen verbundener Dank gebührt Isabelle Minder. Sie verstand es, mich in schwierigen Phasen der Arbeit immer wieder auf den Boden zurückzuholen und mich moralisch zu unterstützen. Isabelle belieferte mich mit Tipps und Tricks und trug nicht unwesentlich zur kurzweiligen Unterhaltung während der Arbeit im Labor bei.

Einen besonders herzhaften Dank geht an meine Eltern, die mir in schwierigen Zeiten stets beistanden und ohne die mir das Biologiestudium gar nicht möglich gewesen wäre. Meinem Vater möchte ich speziell noch für die feldtaugliche Instandstellung meines Mountain-Bikes und des Veloanhängers danken.

Last but not least möchte ich an dieser Stelle auch all jenen danken, die mich in irgendeiner Weise in meiner Diplomarbeit unterstützt haben und hier nicht namentlich erwähnt sind.

ANHANG

Anhang I: Monatliche Stichprobengrößen der Barberfallenfänge und Dachskotproben.

	Monat	Fangwochen	Stichproben- grösse
Barberfallen	April	7. bis 28. April 1998 (n= 3)	n= 54
	Mai	28. April bis 2. Juni 1998 (n= 5)	n= 90
	Juni	2. bis 30. Juni 1998 (n= 4)	n= 72
	Juli	30. Juni bis 28. Juli 1998 (n= 4)	n= 72
	August	28. Juli bis 1. September 1998 (n= 5)	n= 90
	September/Oktober	1. September bis 3. November 1998 (n= 9)	n= 162
Dachskotproben	April		n= 19
	Mai		n= 11
	Juni		n= 15
	Juli		n= 14
	August		n= 9
	September/Oktober		n= 9

Anhang II: Anzahl Individuen und relative Häufigkeiten der Arten innerhalb ihrer Grössenklasse. * Gattung *Trichotichnus*: *Trichotichnus nitens* (79, 21.41%), *Trichotichnus laevicollis* (16, 4.34%) und *Trichotichnus* - Weibchen (63, 17.07%).

Arten der Grössenklasse 1 (05.0-09.9mm):	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit
<i>Trichotichnus</i> sp. *	158	42.82%
<i>Harpalus latus</i>	126	34.15%
<i>Notiophilus biguttatus</i>	22	5.96%
<i>Leistus piceus</i>	18	4.88%
<i>Pterostichus pumilio</i>	13	3.52%
<i>Synuchus nivalis</i>	10	2.71%
<i>Bembidion deletum</i>	9	2.44%
<i>Badister lacertosus</i>	9	2.44%
<i>Loricera pilicornis</i>	4	1.08%
Total	369	100.00%

Arten der Grössenklasse 2 (10.0-14.9mm):	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit
<i>Platynus assimilis</i>	693	26.52%
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	649	24.84%
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	358	13.70%
<i>Abax ovalis</i>	355	13.59%
<i>Pterostichus cristatus</i>	262	10.03%
<i>Molops piceus</i>	247	9.45%
<i>Licinus hoffmannseggi</i>	36	1.38%
<i>Nebria brevicollis</i>	8	0.31%
<i>Poecilus cupreus</i>	3	0.11%
<i>Poecilus versicolor</i>	1	0.04%
<i>Pterostichus nigrita</i>	1	0.04%
Total	2613	100.00%

Arten der Grössenklasse 3 (15.0-19.9mm):	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit
<i>Abax parallelepipedus</i>	3405	52.43%
<i>Pterostichus niger</i>	1356	20.88%
<i>Cychrus attenuatus</i>	1195	18.40%
<i>Abax parallelus</i>	207	3.19%
<i>Pterostichus madidus</i>	202	3.11%
<i>Pterostichus melanarius</i>	129	1.99%
Total	6494	100.00%

Arten der Grössenklasse 4 (>=20.0mm):	Anzahl Individuen	relative Häufigkeit
<i>Carabus auronitens</i>	1488	61.59%
<i>Carabus nemoralis</i>	425	17.59%
<i>Carabus coriaceus</i>	266	11.01%
<i>Carabus monilis</i>	220	9.11%
<i>Carabus irregularis</i>	15	0.62%
<i>Carabus cancellatus</i>	1	0.04%
<i>Carabus glabratus</i>	1	0.04%
Total	2416	100.00%

Anhang III: Gesamthaft gefangene Individuen pro Art und Probesträhle.

* Gattung *Trichotichnus*: *Trichotichnus nitens* (Heer, 1838), *Trichotichnus laevicollis* (Duft., 1812) und *Trichotichnus* - Weibchen.

Art	B1	B2	B3	B4	B5	B6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<i>Abax parallelepipetus</i>	256	65	71	80	147	207	176	190	471	140	316	314	169	63	210	208	144	178
<i>Carabus auronitens</i>	61	93	31	93	61	86	89	196	203	86	122	75	69	23	25	64	71	40
<i>Pterostichus niger</i>	3	-	-	-	-	1	21	-	1	436	163	114	69	7	6	24	159	352
<i>Cychrus attenuatus</i>	71	175	128	133	36	67	112	66	55	16	20	12	60	14	79	92	25	34
<i>Platynus assimilis</i>	31	2	3	-	1	9	7	-	-	1	1	14	385	121	20	2	64	32
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	40	43	27	36	54	52	25	8	11	12	35	5	59	51	80	62	35	14
<i>Carabus nemoralis</i>	41	3	14	10	1	2	110	6	17	22	17	15	4	8	4	5	90	56
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	59	88	44	58	4	13	38	6	1	4	2	-	9	5	1	4	19	3
<i>Abax ovalis</i>	130	17	1	29	8	4	24	20	4	3	13	-	19	37	32	8	3	3
<i>Carabus coriaceus</i>	11	9	15	9	2	2	54	6	-	28	9	27	6	18	13	3	28	26
<i>Pterostichus cristatus</i>	4	1	1	-	7	-	7	-	1	14	31	15	13	43	45	10	62	8
<i>Molops piceus</i>	65	6	1	7	1	2	5	6	4	13	7	2	16	15	10	-	60	27
<i>Carabus monilis</i>	-	-	-	-	7	-	24	-	5	12	52	12	9	4	4	1	30	60
<i>Abax parallelus</i>	9	-	1	-	13	2	2	-	-	40	21	-	23	-	37	3	41	15
<i>Pterostichus madidus</i>	47	-	-	4	24	9	27	4	4	9	17	1	5	6	3	19	22	1
<i>Trichotichnus</i> sp. *	1	11	24	4	-	-	32	1	-	2	1	68	2	7	2	1	1	-
<i>Pterostichus melanarius</i>	6	1	1	1	-	-	3	1	-	6	1	-	47	4	-	-	59	-
<i>Harpalus latus</i>	21	2	1	4	1	-	7	1	3	17	1	-	4	4	-	1	51	12
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	-	6	1	3	-	1	-	9	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-
<i>Notiophilus biguttatus</i>	9	1	1	-	-	-	5	2	-	-	-	-	1	1	1	-	2	-
<i>Leistus piceus</i>	-	-	1	-	-	1	2	-	-	-	-	1	4	4	1	3	-	1
<i>Carabus irregularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	8	-	4	-	-	-	1
<i>Pterostichus pumilio</i>	-	2	4	1	-	-	1	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Synuchus nivalis</i>	2	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-
<i>Badister lacertosus</i>	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2
<i>Bembidion deletum</i>	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	3	-	-	-	1
<i>Nebria brevicollis</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-
<i>Loricera pilicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1	1
<i>Poecilus cupreus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1
<i>Carabus cancellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carabus glabratus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Poecilus versicolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pterostichus nigrita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Total	873	529	373	472	368	458	773	525	789	864	829	687	976	445	574	520	967	870

Anhang IV: Phänologien der 17 häufigsten Laufkäferarten im Sihlwald (Abb. 1 - 17).

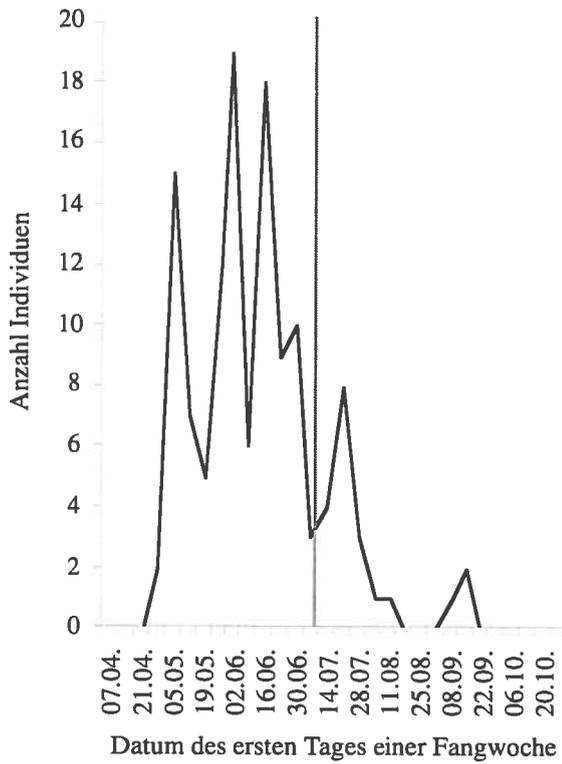


Abb. 1: Phänologie der Anzahl Individuen von *Harpalus latus* pro Woche.

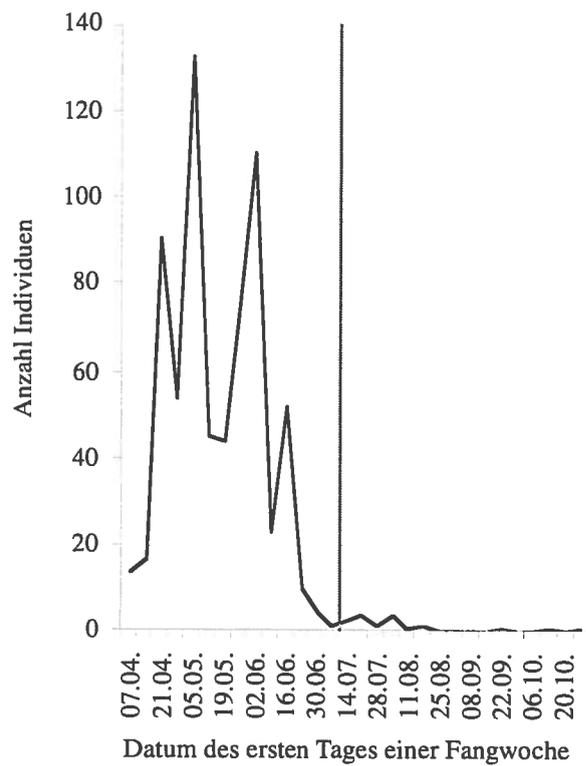


Abb. 2: Phänologie der Anzahl Individuen von *Platynus assimilis* pro Woche.

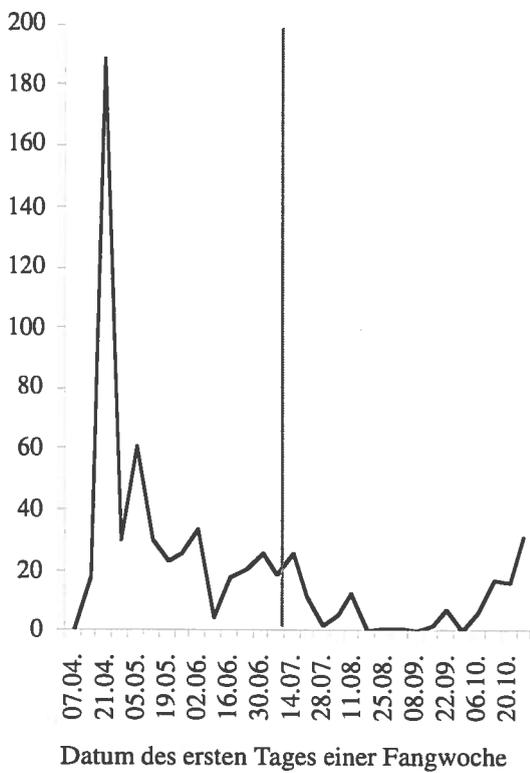


Abb. 3: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus burmeisteri* pro Woche.

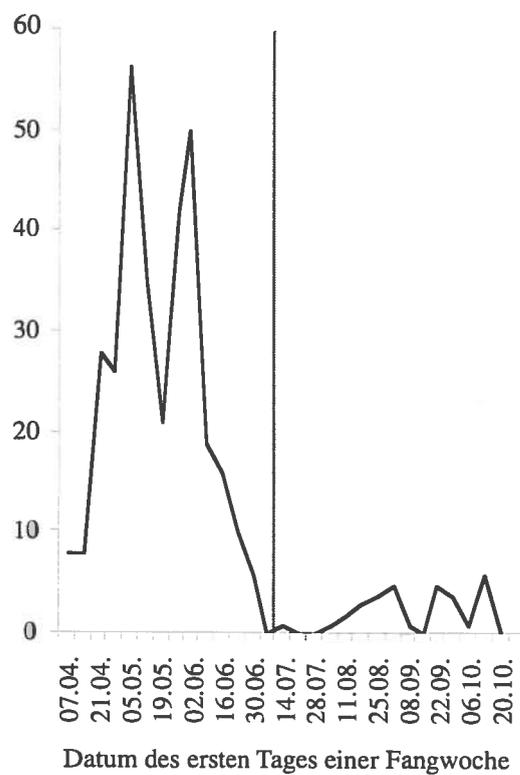


Abb. 4: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus oblongopunctatus* pro Woche.

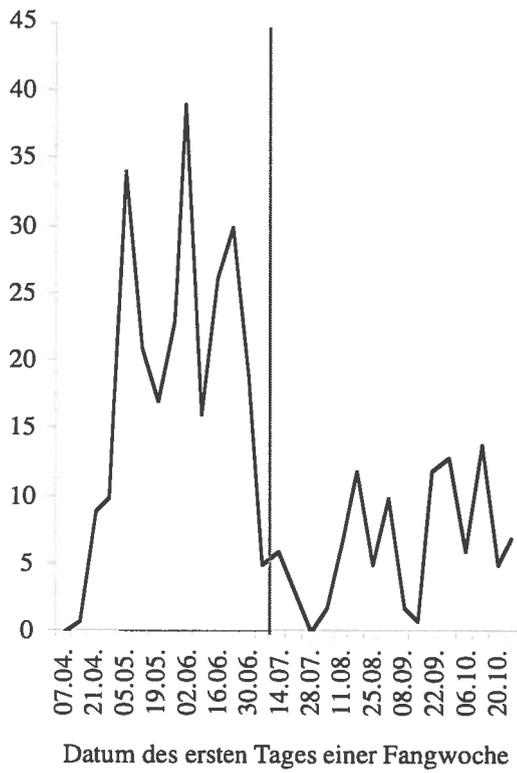


Abb. 5: Phänologie der Anzahl Individuen von *Abax ovalis* pro Woche.

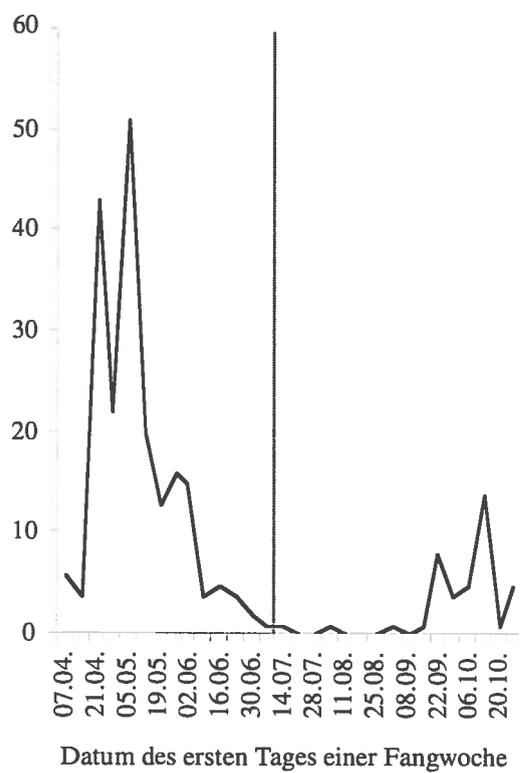


Abb. 6: Phänologie der Anzahl Individuen von *Molops piceus* pro Woche.

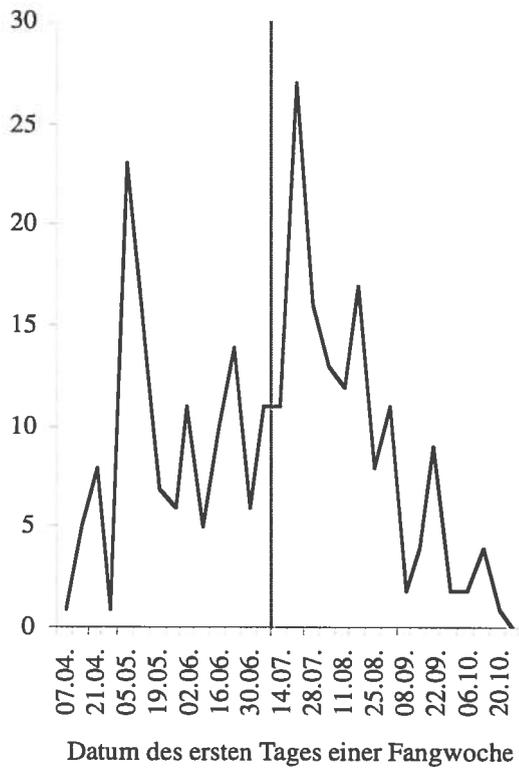


Abb. 7: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus cristatus* pro Woche.

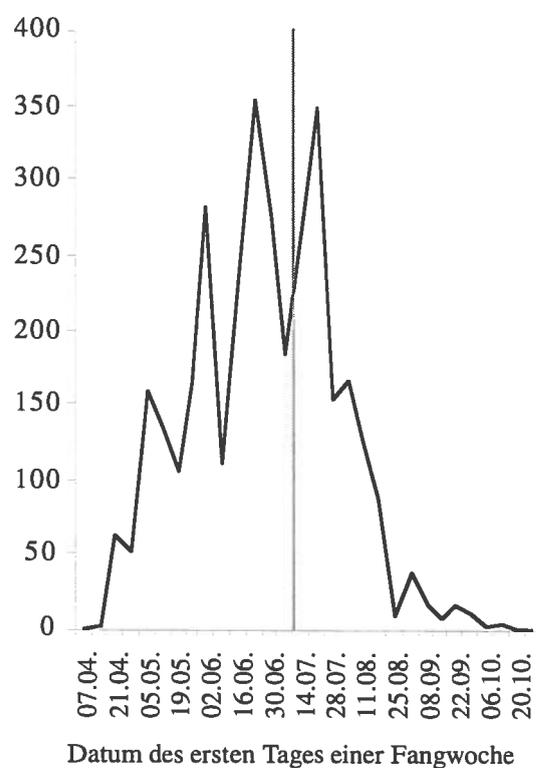


Abb. 8: Phänologie der Anzahl Individuen von *Abax parallelepipedus* pro Woche.

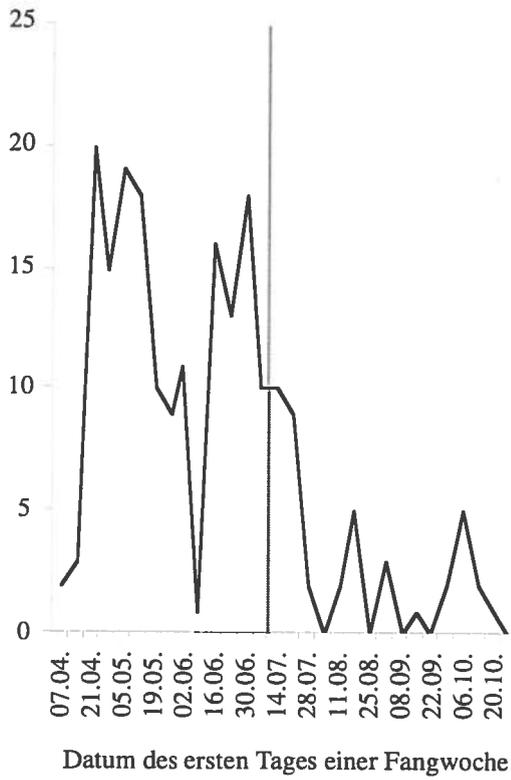


Abb. 9: Phänologie der Anzahl Individuen von *Abax parallelus* pro Woche.

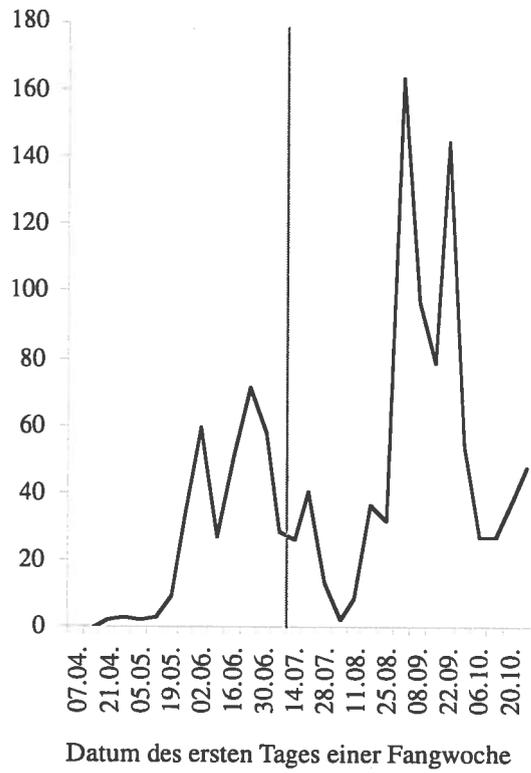


Abb. 10: Phänologie der Anzahl Individuen von *Cychnus attenuatus* pro Woche.

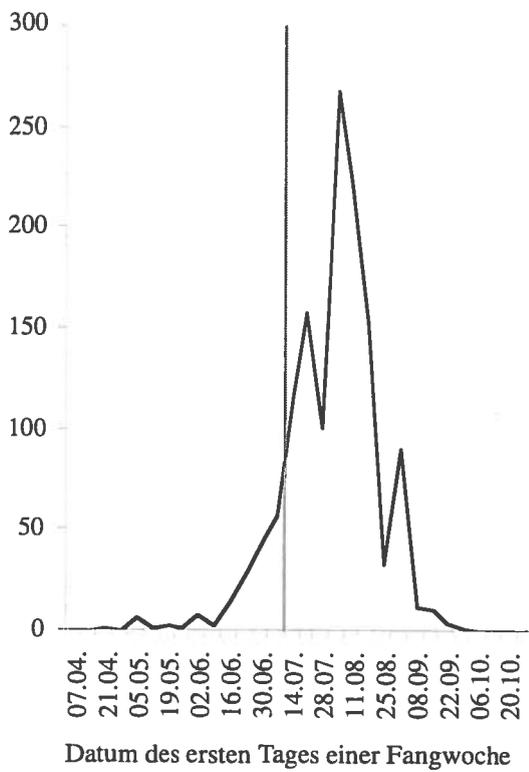


Abb. 11: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus niger* pro Woche.

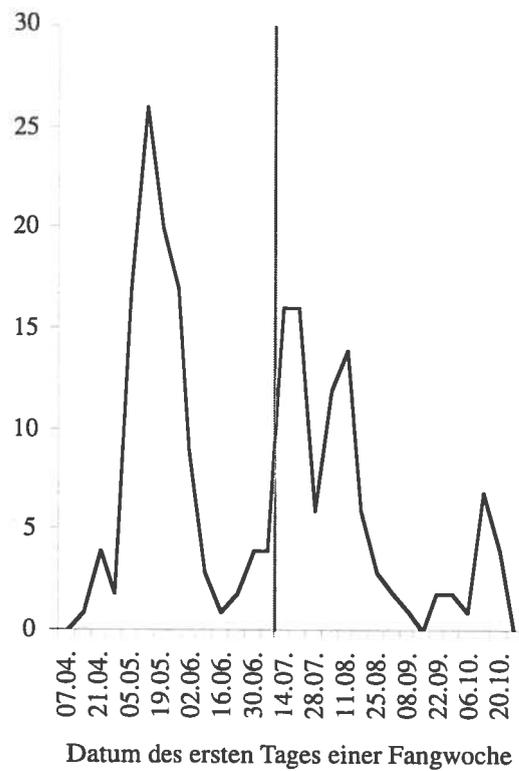


Abb. 12: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus madidus* pro Woche.

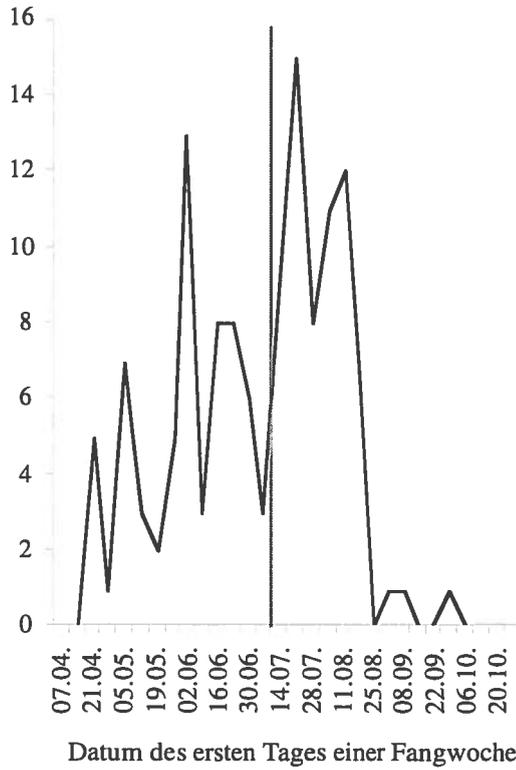


Abb. 13: Phänologie der Anzahl Individuen von *Pterostichus melanarius* pro Woche.

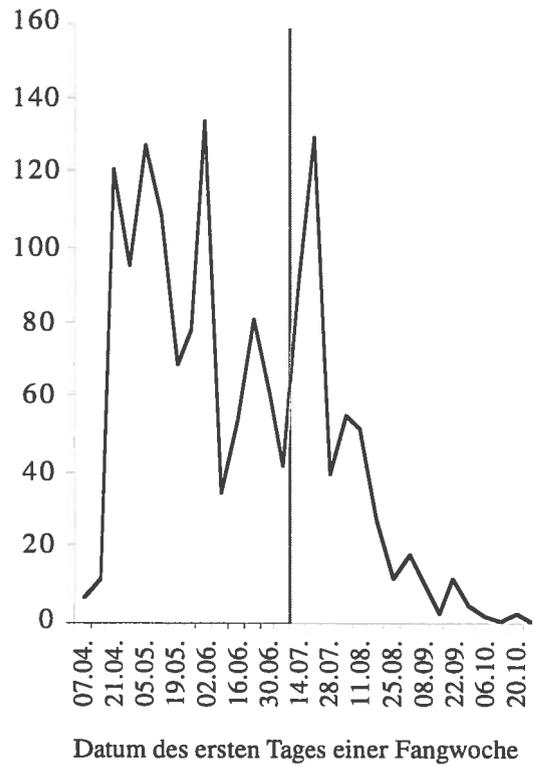


Abb. 14: Phänologie der Anzahl Individuen von *Carabus auronitens* pro Woche.

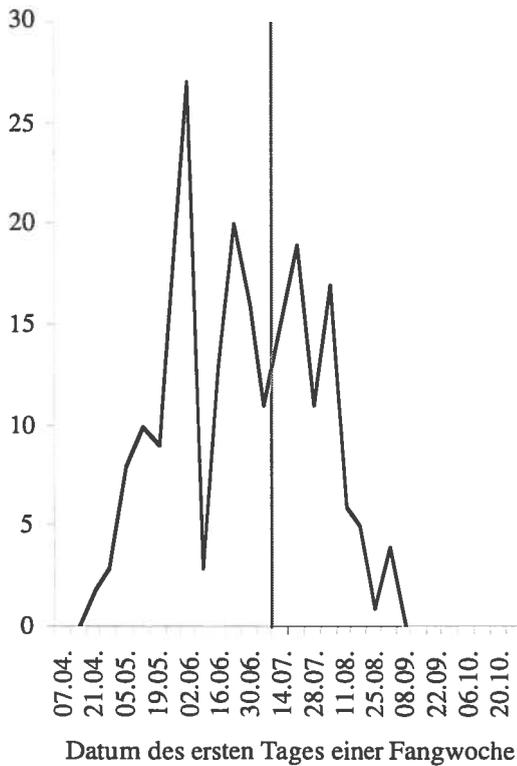


Abb. 15: Phänologie der Anzahl Individuen *Carabus monilis* pro Woche.

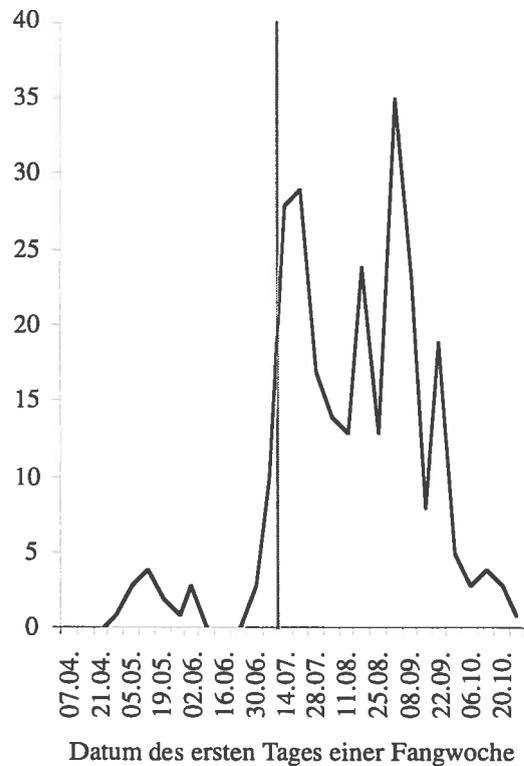


Abb. 16: Phänologie der Anzahl Individuen *Carabus coriaceus* pro Woche.

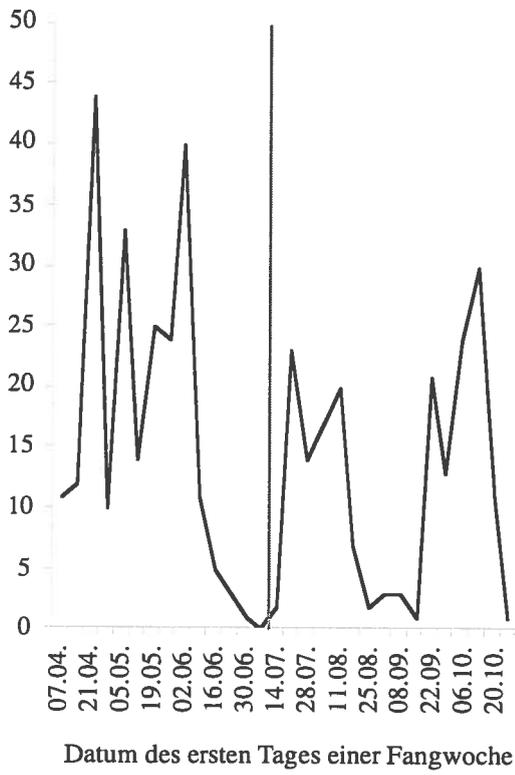


Abb. 17: Phänologie der Anzahl Individuen *Carabus nemoralis* pro Woche.

