©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

carolinea, 54 (1996): 91-138, 11 Abb., 4 Farbtaf.; Karlsruhe, 30.12.1996

MICHAEL SCHEURIG, WOLFGANG HOHNER, DIETER WEICK, FRITZ BRECHTEL & LUDWIG BECK

Laufkäferzönosen südwestdeutscher Wälder – Charakterisierung, Beurteilung und Bewertung von Standorten

Kurzfassung

An 11 Waldstandorten in verschiedenen Naturräumen Südwestdeutschlands wurden die Laufkäfergemeinschaften (Coleoptera, Carabidae) untersucht. Aus der Literatur wurden zusätzlich die Daten von 6 weiteren Wäldern sowie eines Hohlwegsaumes in Baden-Württemberg herangezogen. Es handelt sich um verschiedene Buchenwaldgesellschaften, Mischwälder (Laub- und Nadelholz) und Nadelwälder mit Humusverhältnissen von Mull bis Rohhumus. Ziel der Arbeit war es, charakteristische Zönosen der verschiedenen Wälder und damit auch Erwartungswerte der Laufkäferfauna für eine Belastungs- oder Schutzindikation herauszuarbeiten.

Über einen Zeitraum von 2 Jahren wurden insgesamt 7605 Laufkäfer aus 18 Gattungen und 46 Arten mit Barberfallen gefangen. Die Käferarten wurden unter Einbeziehung autökologischer Daten aus der Literatur zu Artengruppen zusammengefaßt und damit die Zönosen der verschiedenen Standorte charakterisiert.

Die Artengruppen wurden vor allem anhand der Parameter Feuchtigkeit, Temperatur und Licht charakterisiert. Unter den Hauptarten der Wälder wurden 6 Artengruppen gebildet: diejenige der subalpin/montan geprägten Buchen-/Nadelwälder, der montan geprägten Buchenwälder, der montan/kollin geprägten Buchenwälder, die Gruppe euryöker Waldarten, der kollin geprägten Buchenwälder und der planar geprägten Wälder. Die Gruppe der Begleitarten, die sich vor allem aus Offenlandarten zusammensetzt, kann die Beurteilung eines Standortes ergänzen. Die Artengruppen stehen für die entsprechenden klimatischen Verhältnisse und charakterisieren in ihrem Auftreten die mikroklimatischen Bedingungen eines Standortes auch unabhängig von der Höhenlage.

Die Reihung der Standorte nach ihren Zönosen im klimatischen und Höhengradienten zeigt eine weitreichende Ähnlichkeit zu einer Gruppierung mittels Clusteranalyse, ebenso wie eine Gruppierung mit Hilfe verschiedener ökologischer Indices, und umspannt kühl-feucht bis warm-trocken geprägte Klimatypen. Abweichungen von diesen in Wäldern zu erwartenden Zönosen, wie etwa der Ausfall oder die Degradierung von standorttypischen Artengruppen, können zur Belastungsindikation verwendet werden. Aus Diversitätswerten läßt sich keine eindeutige Belastungssituation ableiten.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Bewertungsmethoden, die sich auf einzelne seltene oder gefährdete Arten beziehen, ermöglicht das hier angewandte Verfahren, Standorte nach Gruppen vorwiegend subdominant bis dominant vorkommender Arten zu beurteilen und zu bewerten.

Abstract

Carabid communities of forests in SW-Germany (Coleoptera, Carabidae)

The carabid (coleoptera, carabidae) communities of eleven forest locations composed of different plant communities in Baden-Württemberg (Germany) were studied. Further data from six forests and a hedge situated in Baden-Württemberg was taken from literature. The forest locations are composed of beech-forest, mixed-forest (deciduous and coniferous trees) and coniferous-forest communities, covering a wide spectra of humus types. The aim of this study was to describe characteristic carabid communities which correspond to the different forest communities and to present values of expectancy for the carabid fauna – in respect to the indication of contamination – in a habitat.

During a period of two years 7605 carabid individuals of 18 genera and 46 species were caught with pitfall traps. Including autecological data from literature the beetle species were grouped into characteristic species groups, which showed a community gradient at the different locations. This grouping corresponded well with the macro-climate data of the nearest meteorological station. Grouping the locations by the gradient of species groups reveales a continuum which corresponds to the level of altitude and thus to the different climate types ranging from cool and humid to warm and dry. The species groups can be characterized according to the parameters humidity, temperature and light, which are known to be relevant for carabid distribution. Species groups were seperated according to forest key species into following groups: beech/coniferous forests of subalpine/montane character; beech forests of montane character; beech forests of montane/colline character; unspecialized forest species; beech forests of colline character and forests of planar character. In addition the accompaning species, which are characteristic for open, treeless landscapes, can be used for further assessment of a specific location. These species groups characterize the local climate independent of the level of altitude. These findings are restricted to the area of Baden-Württemberg due to regional influences on the distribution of carabids, e.g. habitat change.

Groupings derived from statistical procedures such as cluster analysis show great similarity to the group order presented here. The same applies to the groupings derived from several ecological indices.

Deviations from the expected communities in these forest types, e.g. missing or degraded communities, can be interpreted as the indication of contamination. It is not possible to clearly recognise contamination from diversity alone.

Autoren

MICHAEL SCHEURIG, WOLFGANG HOHNER, DIETER WEICK, Dr. FRITZ BRECHTEL & Prof. Dr. LUDWIG BECK, Staatliches Museum für Naturkunde, Postfach 62 09, D-76042 Karlsruhe.

Das Projekt wurde durchgeführt mit Unterstützung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), Karlsruhe. Die Überprüfung kritischer Arten übernahmen dankenswerterweise Herr MANFRED PERSOHN, Herxheimweyher und für die Gattung *Amara* Herr FRITZ HIEKE, Berlin.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Inhalt

1. Einleitung
2. Untersuchungsgebiete und Methoden
2.1 Untersuchungsgebiete
2.2 Methoden
3. Artenbestand
3.1 Fangergebnisse
3.2 Dominanz
4. Die Artengruppen
4.1 Hauptarten
4.1.1 Artengruppe subalpin/montan geprägter Buchen-/Nadelwälder
4.1.2 Artengruppe montan geprägter Buchenwälder
4.1.3 Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder
4.1.4 Artengruppe euryöker Waldarten
4.1.5 Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder
4.1.6 Artengruppe planar geprägter Wälder
4.2 Begleitarten
5. Die Laufkäferzönosen
5.1 Die Zönosen der Untersuchungsstandorte
5.2 Standortgruppierung mittels Clusteranalyse der Zönosen
5.3 Vergleich der Zönosen der Untersuchungsstandorte mittels ökologischer Indices
5.3.1 Soerensen-Quotient
5.3.2 Renkonen'sche Zahl
5.3.3 Jaccard'sche Zahl
5.3.4 Ähnlichkeitsindex nach Wainstein
6. Vergleich der Zönosen weiterer südwestdeutscher Standorte
7 Indikation von Belastungseinflüssen mittels der Laufkäferzönosen
7 1 Vergleich mit Indikatoren der Vegetation
7.2 Indikation mit Hilfe des Diversitäts-Index
8. Schlußdiskussion
9. Fazit
10. Literatur

1. Einleitung

Hinsichtlich Verbreitung und Biotoppräferenzen sind Laufkäfer eine vergleichsweise gut untersuchte Tiergruppe. Es existieren Klassifikationsansätze, die nach Großstrukturen der Habitateinheiten, wie z. B. Waldarten oder Feldarten einteilen (THIELE 1964a), bzw. die Artenverteilung über eine Vielzahl von unterschiedlichen Habitattypen von Waldstandorten bis hin zu verschiedenen Typen von Offenlandstandorten erfassen. So führten TURIN et al. (1991) eine Klassifizierung und ökologische Charakterisierung von Carabidenarten basierend auf einem umfangreichen und langjährig vorliegenden Datenmaterial in den Niederlanden durch. Im Nordosten Englands klassifizierte LUFF et al. (1989) die Laufkäfer von 248 Probennahmestellen nach Habitatgruppen von Wäldern, trockenem bzw. feuchtem Grünland, Uferbiotopen, Marschland und Küsten.
Eine große Anzahl von Untersuchungen beschäftigt sich mit dem Bezug von Carabidenarten zu Pflanzengesellschaften. So werden die Laufkäferarten verschiedener Waldgesellschaften zum Beispiel bei THIELE & KOLBE (1962), RABELER (1962), LAUTERBACH (1964), RABELER (1969), ROTH et al. (1983) und VOGEL & KROST (1990) dargestellt. Die Angaben zur Verbreitung der Arten in den verschiedenen Pflanzengesellschaften sind jedoch bei den Autoren zum Teil sehr unterschiedlich.
Für die Verteilung der Carabiden an einem Standort sind die mikroklimatischen Bedingungen in hohem Maße relevant und diese werden vor allem von der Vegetation geprägt. Zu vielen Arten von Laufkäfern existieren autökologische Daten, die in Laborversuchen ermittelt wurden (PAARMANN 1966, TIETZE 1973b, BECKER 1975, THIELE 1977) und die sie hinsichtlich ihrer Präferenzen für Feuchtigkeit, Temperatur und Licht charakterisieren. Sie lassen sich im allgemeinen gut mit der Biotopwahl im Freiland vereinbaren, zumindest was die Trennung in Wald- und Offenlandstandorte betrifft. Die für die Biotopwahl von Carabiden relevanten Parameter werden zusammenfassend in RÖMBKE et al. (1994) dargestellt.
Die Differenzierung innerhalb von Wäldern bzw. Offenlandstandorten stellt sich schwieriger dar. Gleiche autökologische Charakterisierungen von Arten müssen nicht auch gleiche Verteilungen in Wald-/Offenlandgesellschaften bedeuten, zumal auch die Präferenzen oft nicht fein genug erfaßt werden können. Außerdem kommen Konkurrenz- bzw. Nahrungsverhältnisse hinzu. Daneben besteht weiterhin eine geographische Komponente bei der Verbreitung der Arten. Ferner kann das Verbreitungsbild lückenhaft sein, das heißt, daß die Arten nicht in allen potentiell geeigneten Biotopen auch vorkommen müssen.
Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die biotoptypische Laufkäferfauna unterschiedlicher Waldtypen Baden-Württembergs herauszuarbeiten, die Erwartungswerte für Untersuchungen in Wäldern liefert; sie soll auch eine Datenbasis für die Belastungsindikation von Standorten liefern.
Die vorliegende Untersuchung ist Teil einer umfassenden Studie, die im Auftrag der LfU Baden-Württemberg am Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK) in Zusammenarbeit mit der Oekotoxikologie GmbH in Flörsheim am Main durchgeführt wurde. In dieser Studie wird die an 15 Waldstandorten zu erwartende Besiedlung durch verschiedene Bodenorganismengruppen (neben Carabiden z. B. Oligochaeten, Myriapoden und Milben) prognostiziert und mit dem realen Vorkommen der Organismen auf diesen Flächen verglichen (RÖMBKE et al. 1996). Die differenzierten Ergebnisse dieses Soll-/Istwertvergleichs dienen sowohl der Beurteilung der Standorte in Hinsicht

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

auf eine mögliche Belastungssituation als auch der Einschätzung der verschiedenen Tiergruppen für deren Einsatz im Rahmen einer bodenbiologischen Standortklassifizierung.
Fernziel eines solchen Ansatzes ist es also erstens, durch eine begrenzte Anzahl von bodenbiologischen Probennahmen einen Standort so zu beurteilen, daß eine Entscheidung über seinen Belastungszustand und eventuell das weitere Vorgehen, (z. B. gezielte chemische Analytik, Sanierungsmaßnahmen etc.), möglich wird (Screening-Ansatz). Zweitens können nur durch ein solches biologisches, integrierendes Verfahren die biologischen Auswirkungen eventueller Belastungen auf die Struktur und Funktion des Bodenökosystems eines Standorts beurteilt werden.

2. Untersuchungsgebiete und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Im Rahmen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg werden von der Landesanstalt für Umweltschutz seit 1984 in einem landesweiten Untersuchungsnetz insgesamt 60 Wald-, 15 Grünland- und 38 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsflächen untersucht. Hierbei liegen unter anderem umfangreiche Datenerhebungen zu abiotischen Standortparametern sowie zu Schadstoffmonitoring mittels Bioindikatoren vor. In der vorliegenden Untersuchung wurden 11 landesweit verteilte Waldstandorte ausgewählt. Dabei wurde die Auswahl zum einen nach möglichst unterschiedlichen naturräumlichen Einheiten und den für sie typischen Vegetationsformationen getroffen; zum anderen sollte die Auswahl im einen oder anderen Fall auch die Auswirkung von Umweltbelastungen widerspiegeln. In Tabelle 1 wird ein Überblick über die untersuchten Standorte gegeben.
Der in den Untersuchungsflächen vorherrschende Waldtyp ist der Buchenwald in verschiedenen Ausprägungen, welcher in Mitteleuropa weitgehend auch die standortgemäße Ausbildung der potentiellen natürlichen Vegetation darstellt. Daneben sind zwei Nadelwaldstandorte (Ottenhöfen, Donaueschingen) und ein Mischwald mit Kiefern und Buchen (Mannheim) vorhanden.
Die Standorte repräsentieren hinsichtlich verschiedener Parameter ein breites Spektrum. Sie reichen in einer Spannweite der Höhenlage von planaren Standorten mit 100 m (Mannheim) bis in montane Lagen mit 1230 m (Schönau). 5 Flächen sind jeweils der kollinen und der montanen Höhenstufe zuzurechnen. Die planare Stufe ist einmal vertreten. Ein vergleichbar breites Spektrum bieten z. B. auch die pH-Werte, die sich vom saueren Bereich wie z. B. dem Nadelwaldstandort Ottenhöfen mit 3,1 bzw. dem Moderbuchenwald Schriesheim mit 3,3 bis hin zu neutralen/alkalischen Böden mit pH-Werten von 7,7 in Breisach erstrecken.

2.2 Methoden

Bei den zur Untersuchung eingesetzten Bodenfallen nach BARBER (1931) handelt es sich um eingegrabene Gefäße, die bündig mit der Bodenoberfläche abschließen und eine Fangflüssigkeit enthalten. Die Methode dient der Erfassung der laufaktiven, epigäischen Fauna und bietet die Möglichkeit, ohne tages- oder jahreszeitliche Unterbrechung selbsttätig zu fangen und die Laufaktivität der Tiere zu registrieren.
Es wurden Plastikbecher mit 7 cm Öffnungsdurchmesser und 9 cm Tiefe (handelsübliche Joghurtbecher) verwendet, die zu etwa 1/3 mit 4 % igem Formol gefüllt waren. Die Becher hatten einen sehr schmalen Oberrand, um einen Abweisungseffekt der Tiere beim Berühren des Fallenrandes weitgehend zu vermeiden. Zum Schutz der Fallen vor Vollregnen und Zuwehen mit Laub wurden Dächer aus Blech mit 13 x 15 cm Kantenlänge in etwa 10 cm Höhe über den Fallen angebracht.
Die mit Barberfallen ermittelten Individuenzahlen eines Standortes sind nicht flächenbezogen und werden als Aktivitätsdichte bezeichnet. Sie kennzeichnet die Zahl an Individuen, die von der Fangdauer, der Laufaktivität und Häufigkeit einer Art, aber auch von Faktoren, wie dem Raumwiderstand eines Biotopes abhängt (HEYDEMANN 1956). Sie ist als relativer Wert beim Vergleich von Flächen verwendbar, die mit der gleichen Methodik beprobt wurden. Ein Anspruch auf eine vollständige Artenerfassung an einem Standort kann mit dieser Methode allein nicht erhoben werden.
An jedem Standort wurden 5 Barberfallen im Abstand von je 5 m in einer Fluchtlinie ausgebracht. Die Fallen waren jeweils 1993 und 1994 von Frühjahr bis Herbst durchgängig exponiert und wurden in monatlichen Abständen mit Abweichungen von plus/minus wenigen Tagen geleert. Die genauen Fangzeiträume der jeweiligen Jahre gibt Tabelle 2 für die einzelnen Standorte wieder. Die hohen Fallenausfälle der Standorte Eppingen und Schönau sind auf mechanische Zerstörungen – z. B. durch Wildschweine – zurückzuführen, was sich auch in den niedrigen Zahlen der Fallentage niederschlägt. Die Fallentage setzen sich aus dem gesamten Fangzeitraum eines Jahres in Tagen multipliziert mit der Anzahl der intakten Fallen zusammen.
Die Barberfallenfänge wurden im Labor aussortiert, in 70 % iges Ethanol überführt und nach Fangdaten getrennt bearbeitet und aufbewahrt. Die Vergleichs- und Belegsammlung befindet sich im Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe.
Um unterschiedliche Expositionszeiten und Ausfälle einzelner Fallen zu berücksichtigen, mußten die Fangzahlen standardisiert werden, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu erreichen. Hierzu wurde der Gesamtfang jeder Art durch die Anzahl der Fallen und Expositionstage dividiert und so die Individuenzahl pro Falle und Tag berechnet. Aus Gründen der besseren Darstellbarkeit wurden die Individuenzahl pro Falle und Tag jeweils mit dem Faktor 100 multipliziert. Dies ergibt keinesfalls ein unrealistisches Bild von den zugrunde liegenden Aktivitätsabundanzen; die Anzahl der tatsächlich gefangenen Tiere liegt durchschnittlich um das 8-10fache höher.
Die Determination und Nomenklatur der Carabidae erfolgte nach FREUDE, HARDE & LOHSE (1976) und TRAUTNER et al. (1983).

3. Artenbestand

3.1 Fangergebnisse

Während des Untersuchungszeitraums von 2 Jahren wurden insgesamt 7605 Carabiden gefangen; davon entfielen auf 1993: 3016 und auf 1994: 4589 Individuen. Sie wurden 46 Arten und 18 Gattungen zugeordnet, die in Tabelle 3 aufgeführt sind. In der Tabelle sind ferner die standardisierten Individuenzahlen als Mittelwert aus den Jahren 1993 und 1994 dargestellt. Die Artenzahlen stellen den addierten Wert der Jahre 1993 und 1994 dar.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1. Beschreibung der Standorte. Die Angaben beziehen sich, soweit nicht anders angegeben, auf die Jahresberichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1990/91 (LfU 1993) und neuere Angaben der LfU (Klimadaten, Kontinentalität nach ELLENBERG).

Standort	Bad Urach	Zwiefalten	Eppingen	Crailsheim	Schriesheim
Nr. im Ökologischen Wirkungskataster	130	140	290	310	350
Waldgesellschaft	Asperulo-Fagetum	Elymo-Fagetum	Asperulo-Fagetum	Lathyro-Fagetum	Luzulo-Fagetum
Hauptbaumart	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche
Klimabezirk	Schwäbische Alb	Schwäbische Alb	Kraichgau	Mittelfranken	Odenwald
Allgemeinklima	subkontinental	subkontinental	subkontinental	subkontinental	subozeanisch
Klimastation (Dt. Wetterdienst)	Münsingen (750m)	Sigmaringen (580m)	Eppingen (210m)	Crailsheim (417m)	Eberbach (178m)
mittl. Jahrestemperatur 1993 (°C)	6,9	7,6	10,1	8,6	9,5
mittl. Jahrestemperatur 1994 (°C)	8,3	9	11,4	10	10,9
mittl. Jahrestemperatur 1993/94 (°C)	7,6	8,3	10,75	9,3	10,2
langjähr. mittl. Jahrestemp. (°C)	6,4	7,2	9,2	7,9	8,9
Jahresniederschlag 1993 (mm)	903	713	776	872	1036
Jahresniederschlag 1994 (mm)	1060	898	818	848	1008
mittl. Jahresniedersch. 1993/94 (mm)	981,5	805,5	797	860	1022
langj. mittl. Jahresniedersch. (mm)	925	784	729	794	996
mittlere rel. Luftfeuchtigkeit 1994 (%)	81	80	76	75	76
Kontinentalität n. ELLENBERG (langj.)	16	21	25	21	18
Höhe über NN (m)	720	725	230	420	300
Höhenstufe	montan	montan	kollin	kollin	kollin
Hangneigung (%)	5	30	5	eben	10-20
Exposition	NNO	WSW-SO	S		W-NW
Stratigraphie	Weißjura	Weißjura	Pleistozän	unterer Keuper	Grundgebirge
Petrographie (Sand)	Kalkstein	Kalkstein	Löß	Mergelton	Granit
Bodentyp	Terra fusca-Rendzina	Terra fusca	Parabraunerde	ps.vergley. Br.erde-Pel.	schw.pods. Br.erde
Relief	konvexer Ob.hang	gleichmäß. Hang	Ob.hang, konvex	gleichmäß. Hang	gleichmäß. Hang
Humusform (BECK, pers. Mitt.)	Mull	Mull-Mullmoder	Mull	Mull	Moder
Bodenart	Ton	Ton	Lehm	Lehm	Lehm
pH-Wert (Horizont Ah), (CaCl2)	6,3	5,7	4,7	6,3	3,3

Am artenreichsten waren mit 18 bzw. 20 Arten die montan gelegenen Mullbuchenwälder Bad Urach und Zwiefalten. Auch der kolline Standort Eppingen schließt mit 18 Arten daran an. Ansonsten weisen die Mullbuchenwälder der kollinen Stufe Crailsheim und Breisach mit jeweils 9 Arten die niedrigsten Werte auf. Der planar gelegene Rohhumusstandort Mannheim liegt mit 11 Arten nur wenig darüber. Die Moderbuchenwälder in kolliner Lage Schriesheim und Offenburg liegen mit je 15 Arten im mittleren Bereich und auch die Nadelwälder Ottenhöfen und Donaueschingen liegen mit 14 Arten nur geringfügig darunter. Der mit 1230 m am höchsten gelegene Standort Schönau liegt mit 13 Arten ebenfalls im mittleren Bereich.

Bad Urach und Zwiefalten waren nicht nur die artenreichsten, sondern auch die individuenreichsten Standorte. Umgekehrt weisen die Flächen mit der geringsten Artenzahl, die kollinen Mullbuchenwälder Crailsheim und Breisach, auch sehr niedrige Individuenzahlen auf. Nur Mannheim hat noch niedrigere Individuenzahlen. Die weiteren kollinen Mull- und Moderbuchenwälder Eppingen, Schriesheim und Offenburg, sowie auch die montane Fläche Schönau erstrecken sich mit ihren Individuenzahlen über einen mittleren Bereich. Die Nadelwälder Ottenhöfen und Donaueschingen liegen im unteren Bereich. In Abbildung 1 sind die Aktivitätsdichten und die Schwankungsbreiten der Jahre 1993 und 1994 dargestellt.

Die auf den Untersuchungsflächen ermittelten Arten- und Individuenzahlen liegen im Rahmen vergleichbarer Untersuchungen der Carabidenfauna mitteleuropäischer Wälder. So weist FRIEBE (1983) in einem Luzulo-Fagetum im Stadtwald Ettlingen am nördlichen Schwarzwaldrand, bei einer Exposition von jeweils 12 Barberfallen für eine Woche pro Monat, in einem Untersuchungszeitraum von 4 Jahren insgesamt 22 Laufkäferarten aus 15 Gattungen nach. Die von ihm für die Gesamtzahl der aus verschiedenen Familien nachgewiesenen Käferarten erstellte Artensättigungskurve zeigt einen hyperbolischen Verlauf und läßt erkennen,

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Ottenhöfen	Donaueschingen	Schönau	Breisach	Offenburg	Mannheim
380	400	410	450	470	520
Luzulo-Abietetum	Vaccinio-Abietetum	Luz.-Fag.cal.arun.	Carici-Fagetum	Luzulo-Fagetum	Kiefernforst m.Buche
Fichte	Fichte	Buche	Buche	Buche	Buche
Schwarzwald	Schwarzwald	Schwarzwald	Südl.Oberrheintiefl.	Südl. Oberrheintiefl.	Nördl.Oberrheinebene
subozeanisch	subozeanisch	subozeanisch	subkontinental	subkontinental	subkontinental
Hornisgrinde (1122m)	Friedenweiler (924m)	Feldberg (1486m)	Vogtsburg (223m)	Offenburg (155m)	Mannheim (96m)
5,3	6,4	3,9	10,8	10,9	10,7
6,3	7,5	4,8	12,1	12,1	11,9
5,8	6,95	4,35	11,45	11,5	11,3
4,7	5,7	3,2	9,9	9,9	10,2
2154	1118	1448	625	824	628
2021	1355	1757	739	900	658
2087,5	1236,5	1602,5	682	862	643
1902	1197	1861	666	885	642
87	81	85	76	77	77
7	12	6	28	21	30
720	1010	1230	320	260	100
montan	montan	montan	kollin	kollin	planar
25-30	5	10-20	30-50	unter 5	eben
SW	O	SO	W	NW	
Grundgebirge	ob. Buntsandstein	Grundgebirge	Pleistozän	Pleistozän	Pleistozän
Granit	toniger Sandstein	Granit (Moränenmat.)	Löß	Löß	Niederterrasse
Braunerde	pods. Braunerde	Braunerde	Pararendzina	ps.vergley. Parabr.erde	pods. Braunerde
gleichmäß. Hang	gleichmäß. Hang	gleichmäß. Hang	Unterhang, konkav	gleichmäß. Hang	Plateau
Moder-Rohhumus	Moder-Rohhumus	Mull-Mullmoder	Mull	Mullmoder	Rohhumus
Sand	Sand	Lehm	Lehm	Sand	Sand
3,1	3,9	3,7	7,7	3,8	3,5

daß nach 4 Jahren der Beprobung annähernd 75 % der durch Extrapolation geschätzten Artenzahl erreicht sind. Dies setzt allerdings voraus, daß sich die äußeren Bedingungen des Standortes, wie z. B. durch einen Windwurf, nicht ändern. So erbrachte das 4. Jahr nur noch eine Zunahme der Artenzahl um 11,9 %. Für vorliegende Untersuchung würde es nach FRIEBE (1983) bedeuten, daß die Artenzahlen der Untersuchungsflächen nach 2 Jahren des Beprobungszeitraumes über 50 % des mit Barberfallen erfaßbaren Artenbestandes darstellen.

LAUTERBACH (1964) gibt die Artenzahl der Carabiden in einem Sauerhumusbuchenwald des Sauerlandes mit 15 an. Er beprobte die Standorte von Frühjahr bis Herbst und über 4 Jahre. THIELE & KOLBE (1962) untersuchten zwei Standorte am bergischen Mittelgebirgsrand bei Wuppertal, einen Buchen-Traubeneichenwald und einen Eichen-Hainbuchenwald. Es waren 5-10 Barberfallen über die Vegetationsperiode durchgängig exponiert. In dem aufgrund der Vegetationsaufnahme in dieser Untersuchung einem Luzulo-Fagetum zuzuordnenden Buchen-Traubeneichenwald wurden insgesamt 9 Carabidenarten nachgewiesen, im Eichen-Hainbuchenwald waren es 17. Die Zahl der Carabidenarten in einem schleswig-holsteinischen Moderbuchenwald geben VOGEL & KROST (1990) mit 18 an, bei einer Exposition von 4 Fallen über den Zeitraum von April bis Oktober. Die von ihnen untersuchten Fichtenforste weisen Artenzahlen von 9, 14 und 17 auf, LAUTERBACH (1964) gibt einen Fichtenwald mit 14 Arten an, ebenso ROTH (1985) einen Fichtenforst mit 14 Arten (Exposition von Bodenphotoeklektoren mit Bodenfallen über 6 Jahre von jeweils März bis November). Sie entsprechen somit unseren Angaben.

Die in hohem Maße von der Makrofauna geprägten Mullbuchenwälder weisen manchmal eine höhere Artenvielfalt auf. LAUTERBACH (1964) nennt 25 Arten in einem Kalkbuchenwald des Sauerlandes, VOGEL & KROST (1990) 16 Arten in einem Perlgras-Buchenwald und 23 Arten in einem Eschen-Buchenwald Schles-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 2. Expositionsdauer der Bodenfallen an den Standorten mit Angabe des prozentualen Ausfalls.

	Fangzeit-raum 1993	Fangzeit-raum (Tage)	Ausfall (%)	Fallen-tage	Fangzeit-raum 1994	Fangzeit-raum (Tage)	Ausfall (%)	Fallen-tage
Bad Urach	20.04.-21.10.	184	6,7	892	25.04.-12.10.	170	0	850
Zwiefalten	20.04.-21.10.	184	16,7	814	25.04.-12.10.	170	0	850
Eppingen	22.03.-08.09.	170	48,0	378	20.04.-05.10.	168	16	699
Crailsheim	22.03.-13.10.	205	13,3	903	20.04.-05.10.	168	0	840
Schriesheim	22.03.-13.10.	205	14,3	903	20.04.-05.10.	168	4	806
Ottenhöfen	07.04.-19.10.	195	3,3	959	21.04.-10.10.	172	0	860
Donaueschingen	29.04.-19.10.	173	10,0	820	27.04.-11.10.	167	0	835
Schönau	29.04.-18.10.	172	30,0	553	27.04.-11.10.	167	0	835
Breisach	24.03.-18.10.	208	2,5	926	21.04.-10.10.	172	0	860
Offenburg	24.03.-19.10.	209	5,7	1015	27.04.-10.10.	166	0	830
Mannheim	22.03.-11.11.	234	8,6	1118	20.04.-05.10.	168	12	738

wig-Holsteins. In einem Melico-Fagetum auf Mullrendzina bei Göttingen weist MARTIUS (1986) bei einer Exposition von 6 Fallen im Zeitraum von Februar bis Dezember insgesamt 15 Arten nach. Oft sind Kalkbuchenwälder auch individuenreicher. So führt LAUTERBACH (1964) Aktivitätsdichten von 409 auf, gegenüber 286 in dem von ihm untersuchten Sauerhumusbuchenwald und nur 135 in einem Fichtenwald.

Unter den eigenen Angaben für die Mullbuchenwälder liegen die montanen Standorte Bad Urach und Zwiefalten mit ihrem kühl-feucht geprägten Klima, mit 18 und 20 Arten größenordnungsmäßig im Bereich der genannten Literaturwerte, während Standorte in kollinen Lagen mit ihrem trockeneren und wärmeren Makroklima, wie Crailsheim und Breisach, nur jeweils 9 Arten aufweisen. Auch die Aktivitätsdichte von Bad Urach und Zwiefalten ist wesentlich höher als die der kollinen Mullbuchenwälder. So sind sogar die untersuchten Sauerhumusbuchenwälder und die Nadelwälder arten- und individuenreicher als die Mullbuchenwälder Crailsheim und Breisach. BONESS (1953) und DUNGER et al. (1980) weisen darauf hin, daß Carabiden im Verhältnis zu anderen zoophagen Bodentiergruppen wie Spinnen oder Staphyliniden, gemessen zum Beispiel als Aktivitätsbiomasse, eher an feuchteren Standorten dominieren, während in trockeneren Biotopen alle Prädatoren-Großgruppen in ähnlicher Größenordnung vorkommen. Die auf ein gewisses Mindestmaß an bestimmten Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen angewiesene Waldcarabidenfauna dürfte so in zunehmend trockeneren und wärmeren Wäldern ungünstigere Lebensbedingungen finden.

Eine Tendenz, die sich oft beim Vergleich von Wäldern mit Offenlandstandorten zeigt, ist das umgekehrt proportionale Verhalten von Artenzahl und Individuenzahl (RÖMBKE et al. 1994). Dabei weisen Wälder niedrigere Artenzahlen bei höheren Aktivitätsdichten auf, während sich in Biotopen mit niedrigen Vegetationstypen, die durch Offenlandarten geprägt sind, höhere Artenzahlen und niedrigere Aktivitätsdichten finden. Dies zeigt sich teilweise auch bei den Arten- und Individuenzahlen der untersuchten Flächen, die in Abbildung 2 zusammenfassend dargestellt sind. Immerhin zeigen die Standorte mit einem montanen kühl-feuchten Klimatyp – insbesondere Bad Urach und Zwiefalten – eine größere Divergenz der Arten- und Individuenzahlen, während sie sich in Richtung der Standorte mit einem eher warm und trocken geprägten Klimatyp einander stark annähern. In dieser Hinsicht fällt nur der Nadelwaldstandort Donaueschingen aus der Reihe.

3.2 Dominanz

Die Dominanz stellt die relative Häufigkeit der Arten dar, das heißt den Anteil, den die Individuen einer Art an der Gesamtheit der Individuen aller Arten haben. Bei Barberfallenfängen ist sie als Aktivitätsdominanz zu verstehen. In Tabelle 4 sind die Dominanzen der einzelnen Arten an den Untersuchungsflächen dargestellt.

Es werden folgende Dominanzklassen verwendet (siehe z. B. MÜHLENBERG 1993):

> 10 % = eudominant
5-10 % = dominant
2- 5 % = subdominant
1- 2 % = rezedent
< 1 % = subrezedent

Die Arten, die sich durch hohe Dominanz und Stetigkeit an den Standorten auszeichnen, sind in der Mehrzahl typische, überwiegend euryöke Waldarten. So tritt *Abax parallelepipedus* an allen Standorten dieser Untersuchung und – mit einer Ausnahme – in sehr hoher Dominanz auf. Er ist in Wäldern weit verbreitet und auch bei KRAUSE (1974) in einem Buchenwald der Sächsischen Schweiz eine Art mit sehr hoher Dominanz. In einem Kalkbuchenwald bei Göttingen ist er

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

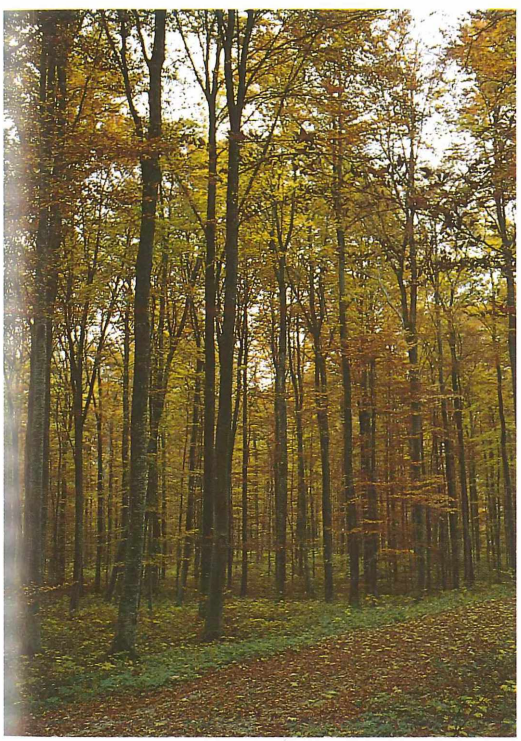
Tafel 1. Montane Fichten- Tannenwälder im Mittel- und Hochschwarzwald; a) Ottenhöfen: Kirchberg von Westen, die Probenfläche liegt in 720 m ü. NN am (rechten) Südhang etwas unterhalb des Gipfelgrats. – Alle Fotos: L. BECK.

Tafel 1. b) Donaueschingen: Probenfläche bei Eisenbach in 1010 m ü. NN auf kaum geneigtem Hochplateau.

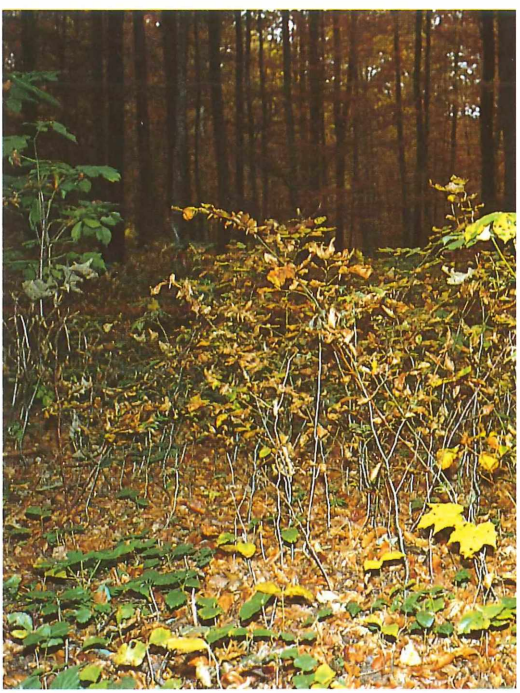
Tafel 1. c) Beide Standorte zeichnen sich durch dichten Unterwuchs aus Heidelbeere und Graspolster (Abb.: Ottenhöfen), im Bestand Eisenbach auch Moospolster aus.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tafel 2. Montane Kalkbuchenwälder in der Schwäbischen Alb; a) Bad Urach: Die Probenfläche liegt in 720 m ü. NN oberhalb der Felskante des bildbeherrschenden Berges im Vordergrund, im Tal die Stadt Bad Urach.



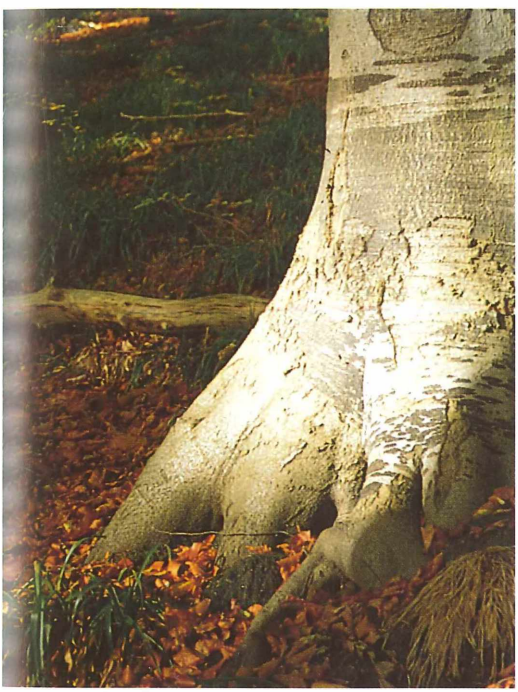
Tafel 2. b) Zwiefalten: Buchenbestand der Probenfläche bei Münzdorf auf der welligen Albhochfläche in 725 m ü. NN.



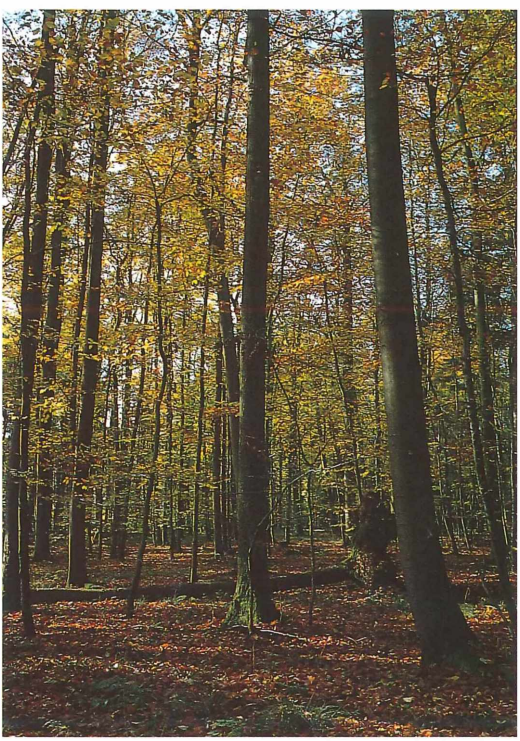
Tafel 2. c) beide Standorte weisen einen dichten Unterwuchs aus Baumschößlingen auf und eine jahreszeitlich wechselnde Krautschicht mit *Anemone* (Urach) und *Corydalis* (Münzdorf) als vorherrschenden Frühjahrsblühern.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tafel 3. Kolline Buchenwälder im Odenwald und auf der Hohenloher Ebene; a) Schriesheim: Moderbuchenwald der Probenfläche an Südhang in 300 m ü. NN im vorderen Odenwald.

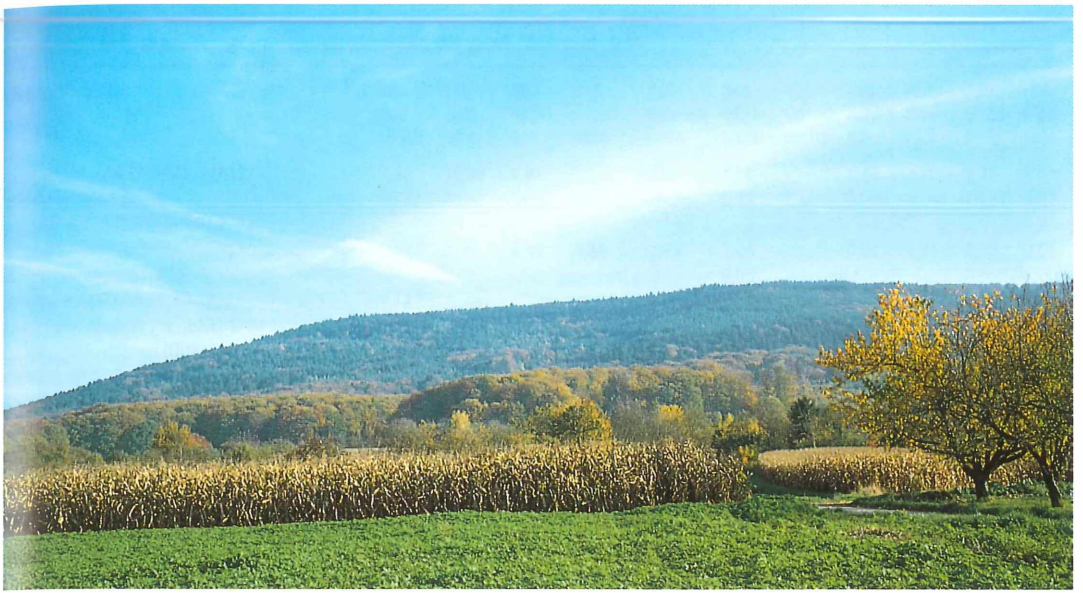


Tafel 3. b) Schriesheim: Kahlflächen am Boden wechseln mit dichten Hainsimsen-Beständen, die Buchen tragen keinerlei Moosaufwuchs am Baumfuß.



Tafel 3.c) Crailsheim: Kalkbuchenwald der Probenfläche auf einem Keuperplateau bei Kirchberg an der Jagst in 420 m ü. NN.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



Tafel 4. Buchen- und Buchenmischwälder der kollinen und planaren Stufe in der Oberrheinebene; a) Offenburg: Buchenbestand der Probenfläche (im Mittelgrund des Bildes über dem Maisfeld) auf einem Lößriegel bei Oberschopfheim in 260 m ü. NN.

Tafel 4. b) Der mächtige Lößhorizont der Probenfläche bei Oberschopfheim ist sauer und trägt dichte Hainsimsen-Bestände.

Tafel 4. c) Mannheim: Der Buchen-Kiefern-Mischwald am Stadtrand von Mannheim in 100 m ü. NN steht auf Sandboden mit einer dicken Rohhumus-Auflage.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 3. Standardisierte Individuenzahlen der Carabiden der einzelnen Untersuchungsstandorte.
Angaben in Individuen/Falle/Tag × 100 als Mittelwert der Jahre 1993 und 1994.

Standortnummer	130 Bad Urach	140 Zwiefalten	290 Eppingen	310 Crailsheim	350 Schriesheim	380 Ottenhöfen	400 Donaueschg.	410 Schönau	450 Breisach	470 Offenburg	520 Mannheim
Abax ovalis (DUFTSCHMID) 1812	7,90	16,90	2,97		1,06	1,18		1,44	0,22	2,75	
Abax parallelepipedus (PILLER & MITTERPACHER) 1783	20,37	43,62	24,88	9,67	16,55	6,71	7,50	32,70	15,46	19,31	0,27
Abax parallelus (DUFTSCHMID) 1812		0,06	0,48	1,32	0,48	2,06		0,24	3,81	2,33	0,04
Amara convexior STEPHENS 1828						0,06					
Amara ovata (FABRICIUS) 1792	1,14										
Bembidion lampros (HERBST) 1784											0,25
Calathus micropterus (DUFTSCHMID) 1812							0,18				
Carabus arvensis HERBST 1784					0,06					0,06	
Carabus auronitens FABRICIUS 1792	3,69	11,23	1,50			0,21	1,51	1,74			
Carabus coriaceus LINNE 1758	1,09	4,09	1,19	3,30	0,29	2,88		0,27	0,44	1,75	
Carabus granulatus LINNE 1758		0,18								0,06	
Carabus intricatus LINNE 1761										1,07	0,09
Carabus irregularis FABRICIUS 1792	1,91	1,15									
Carabus monilis FABRICIUS 1792	0,06										
Carabus nemoralis MÜLLER 1764	0,81	3,42	2,12	0,29	8,02	0,73	0,36		0,28	5,45	0,20
Carabus problematicus HERBST 1786	0,06		2,65		0,39						0,65
Carabus silvestris PANZER 1796					0,28	8,81	3,55	0,36			
Carabus ullrichi GERMAR 1824									0,06		
Carabus violaceus LINNE 1758							0,66		0,50	5,69	0,07
Cychrus attenuatus FABRICIUS 1792	0,85										
Cychrus caraboides (LINNE) 1758		0,30				0,68	0,18	0,21			
Dromius agilis (FABRICIUS) 1787							0,12				
Harpalus distinguendus (DUFTSCHMID) 1812					0,06						
Harpalus latus (LINNE) 1758			0,48	0,06							
Licinus hoffmannseggi (PANZER) 1797										0,05	
Loricera pilicornis (FABRICIUS) 1775		0,06									
Molops elatus (FABRICIUS) 1801	0,86	1,80	0,40				0,66	0,09			
Molops piceus (PANZER) 1793	1,54	0,96	1,74	1,03		0,05			1,46	0,67	
Nebria brevicollis (FABRICIUS) 1792					0,06						0,07
Nebria salina FAIRMAIRE & LABOULBENE 1854			0,07								
Notiophilus aquaticus (LINNE) 1758			0,07								0,25
Notiophilus rufipes CURTIS 1829					0,12						2,26
Poecilus cupreus (LINNE) 1758			0,13								
Poecilus versicolor (STURM) 1824		0,12									
Pterostichus aethiops (PANZER) 1797		0,06					0,36				
Pterostichus burmeisteri HEER 1841	28,07	10,66	0,66	0,44	23,06	8,41	6,26	1,71		8,05	
Pterostichus madidus (FABRICIUS) 1775	0,06	0,06						0,09	0,06		
Pterostichus melanarius (ILLIGER) 1798		0,12						0,93			
Pterostichus niger (SCHALLER) 1783	1,57	2,08	0,64					0,06			
Pterostichus oblongopunctatus (FABRICIUS) 1787	1,75		0,34	0,53	1,99	0,52	0,72				9,62
Pterostichus pumilio (DEJEAN) 1828	0,17	0,24		0,06	0,06	0,75	0,18	0,81		0,17	
Pterostichus strenuus (PANZER) 1797							0,06				
Stomis pumicatus (PANZER) 1796										0,05	
Trechus obtusus ERICHSON 1837			0,07								
Trechus quadristriatus (SCHRANK) 1781										0,05	
Trichotichnus nitens (HEER) 1838	0,75	1,18	0,14		0,06	0,06					
Summe	72,63	98,28	40,54	16,70	52,54	33,12	22,30	40,66	22,27	47,53	13,77
Artenzahl	18	20	18	9	15	14	14	13	9	15	11
Individuenzahlen (absolut) 1993	748	651	101	79	457	177	81	157	139	368	58
Individuenzahlen (absolut) 1994	522	991	380	207	439	411	290	442	254	488	165

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

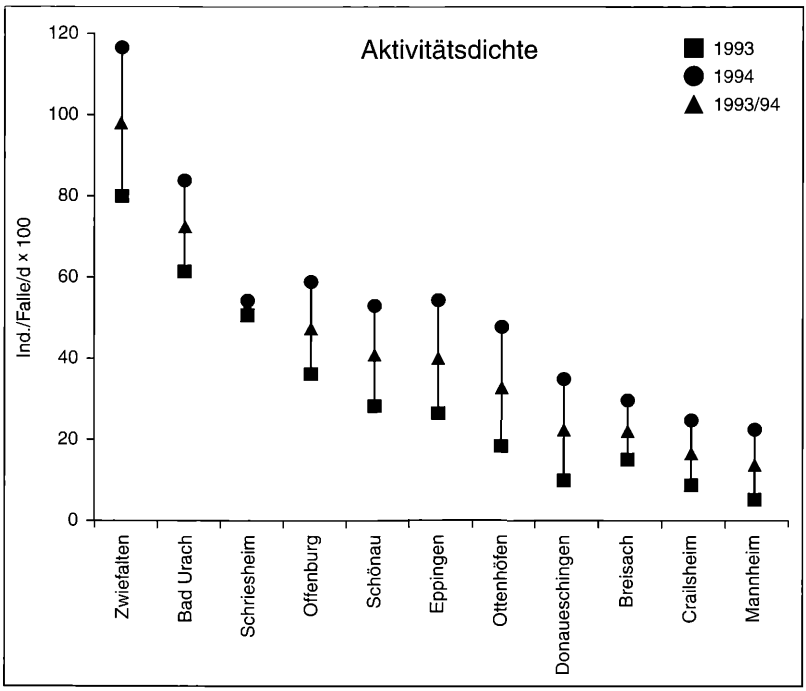


Abbildung 1. Aktivitätsdichten an den untersuchten Waldstandorten nach abnehmenden Mittelwerten der Jahre 1993/94 geordnet.

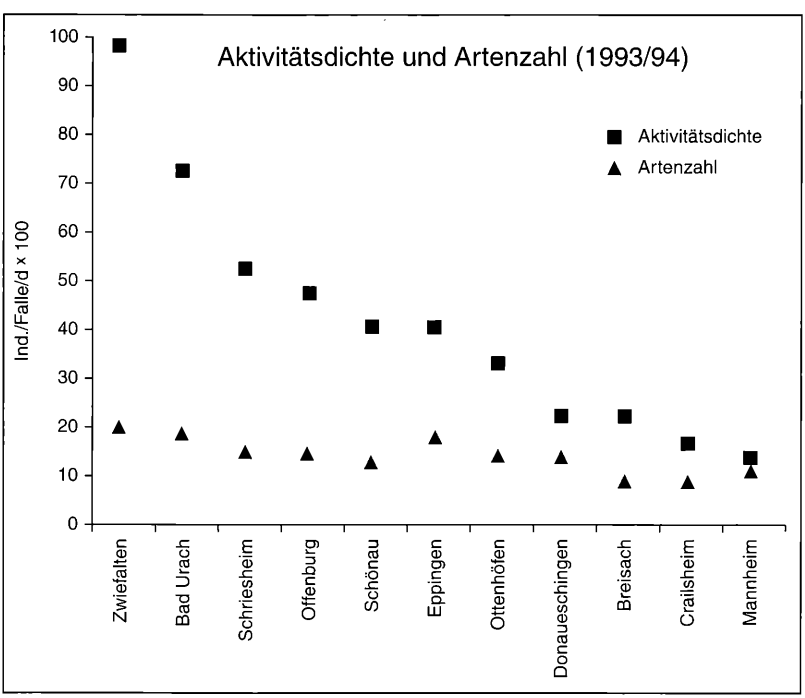


Abbildung 2. Artenzahlen und Aktivitätsdichten an den untersuchten Waldstandorten nach abnehmenden Aktivitätsdichten geordnet.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 4. Dominanzen der Arten in den Untersuchungsflächen, berechnet nach den Mittelwerten der standardisierten Fangzahlen aus den Jahren 1993 und 1994 in %.

Standortnummer	130 Bad Urach	140 Zwiefalten	290 Eppingen	310 Crailsheim	350 Schriesheim	380 Ottenhöfen	400 Donaueesch.	410 Schönau	450 Breisach	470 Offenburg	520 Mannheim
Abax ovalis	10,8	17,2	7,3		2,0	3,6		3,6	1,0	5,8	
Abax parallelepipedus	28,0	44,4	61,4	58,0	31,5	20,3	33,6	80,4	69,4	40,6	2,0
Abax parallelus		0,1	1,2	7,9	0,9	6,2		0,6	17,1	4,9	0,3
Amara convexior						0,2					
Amara ovata	1,6										
Bembidion lampros											1,8
Calathus micropterus							0,8				
Carabus arvensis					0,1					0,1	
Carabus auronitens	5,1	11,4	3,7			0,7	6,8	4,3			
Carabus coriaceus	1,5	4,2	3,0	19,8	0,6	8,7		0,7	2,0	3,7	
Carabus granulatus		0,2								0,1	
Carabus intricatus										2,3	0,7
Carabus irregularis	2,6	1,2									
Carabus monilis	0,1										
Carabus nemoralis	1,1	3,5	5,2	1,7	15,3	2,2	1,6		1,3	11,5	1,5
Carabus problematicus	0,1		6,5		0,8						4,8
Carabus silvestris					0,5	26,6	15,9	0,9			
Carabus ullrichi									0,3		
Carabus violaceus							3,0		2,2	12,0	0,5
Cychrus attenuatus	1,2										
Cychrus caraboides		0,3				2,1	0,8	0,5			
Dromius agilis							0,5				
Harpalus distinguendus					0,1						
Harpalus latus			1,2	0,3							
Licinus hoffmannseggi										0,1	
Loricera pilicornis		0,1									
Molops elatus	1,2	1,8	1,0				3,0	0,2			
Molops piceus	2,1	1,0	4,3	6,2		0,2			6,6	1,4	
Nebria brevicollis					0,1						0,5
Nebria salina			0,2								
Notiophilus aquaticus			0,2								1,8
Notiophilus rufipes					0,2						16,4
Poecilus cupreus			0,3								
Poecilus versicolor		0,1									
Pterostichus aethiops		0,1					1,6				
Pterostichus burmeisteri	38,6	10,9	1,6	2,7	43,9	25,4	28,1	4,2		17,0	
Pterostichus madidus	0,1	0,1						0,2	0,3		
Pterostichus melanarius		0,1						2,3			
Pterostichus niger	2,2	2,1	1,6					0,2			
Pterostichus oblongopunctatus	2,4		0,8	3,2	3,8	1,6	3,2				69,9
Pterostichus pumilio	0,2	0,2		0,4	0,1	2,3	0,8	2,0		0,4	
Pterostichus strenuus							0,3				
Stomis pumicatus										0,1	
Trechus obtusus			0,2								
Trechus quadristriatus										0,1	
Trichotichnus nitens	1,1	1,2	0,4		0,1	0,2					

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

die häufigste Art (MARTIUS 1986), ebenso wie in einem Eichen-Hainbuchenwald und einem Buchen-Traubeneichenwald bei Wuppertal (THIELE & KOLBE 1962). In einem Buchenwald und einem Eichenwald Schleswig-Holsteins ist er eudominant vertreten, sowie in geringerem Dominanzanteil auch in den Fichtenforsten dieser Untersuchung von VOGEL & KROST (1990).
Eine weitere Art, die zum Teil in sehr hoher Dominanz an 6 von 11 Standorten auftrat, ist *Pterostichus burmeisteri*. Er wird z. B. bei FRIEBE (1983) unter seinem Synonym *Pterostichus metallicus* auch als eudominante Art in einem Luzulo-Fagetum bei Ettlingen genannt und erreicht auch im Kalkbuchenwald bei Göttingen mit 7,6 % die dritthöchste Dominanz (MARTIUS 1986). Weitere Arten, die auf den untersuchten Flächen auch teilweise höhere Dominanzanteile erreichen, sind weit verbreitete Arten, wie *Abax ovalis, A. parallelus, Carabus auronitens, C. coriaceus, C. nemoralis, C. violaceus, C. problematicus, Pterostichus oblongopunctatus,* oder *P. niger*, die auch in anderen Untersuchungen zur charakteristischen Carabidenfauna von Wäldern gehören (RABELER 1962, THIELE & KOLBE 1962, KRAUSE 1974, FRIEBE 1983, MARTIUS 1986).
Andere Arten, zu denen auch zum Teil stenöke Arten zählen, wie *Carabus irregularis, Cychrus attenuatus, C. caraboides, Molops elatus, Molops piceus, Pterostichus aethiops* oder *P. pumilio*, kommen in den Untersuchungsflächen in niedrigeren Dominanzstufen vom subrezedenten bis dominanten Bereich vor und sind ebenfalls in Wäldern weit verbreitet.
Eine umfangreiche Gruppe von Arten, die aus eurytopen, in Wäldern und in Offenlandbiotopen vorkommenden, und aus Offenlandarten zusammengesetzt ist, liegt meist nur in geringen Fangzahlen vor und stellt in diesem subrezedenten Dominanzbereich eine, zum Teil auch allgemein in Wäldern verbreitete, Begleitfauna dar.

4. Die Artengruppen

Alle Arten eines Standorts zusammen stellen das Artenspektrum dar, ohne Berücksichtigung der Häufigkeit der Arten. Durch Hinzunahme von Dominanz und Konstanz als Kriterien der Häufigkeit der Arten erfährt das Artenspektrum eine Gewichtung, die es zur Zönose macht. Die Zönose hat aber außer dieser quantitativen Seite auch eine qualitative, die sich aus den Umweltansprüchen ihrer Arten ergibt. Die Zönose eines Standorts ist damit durch die Häufigkeit des Auftretens von Arten mit bestimmten Umweltansprüchen gekennzeichnet.
Die Umweltansprüche der Arten werden als ökologische Valenz oder Potenz erfaßt, und die Arten werden nach diesen Kriterien zu Artengruppen zusammengefaßt. Artengruppen umfassen also Arten gleicher oder ähnlicher Umweltansprüche.

Die Umweltansprüche einer Art werden meist aus ihrem Vorkommen im Freiland abgeleitet; aus den Gemeinsamkeiten bestimmter Ausprägungen von Umweltfaktoren an den Standorten des Vorkommens ergibt sich die ökologische Valenz einer Art. Zur Kennzeichnung der Umweltansprüche können aber auch Laborexperimente dienen, mit denen die für eine Art zuträgliche Bandbreite von Umweltfaktoren ermittelt werden; daraus ergibt sich die ökologische Potenz einer Art. Ökologische Valenz und Potenz müssen nicht deckungsgleich sein, da bei der „Realisierung" der ökologischen Potenz im Freiland auch von ihr nicht erfaßte Faktoren wie Konkurrenz durch andere Arten die ökologische Valenz mit prägen. Zur begrifflichen Unterscheidung, wie man die Umweltansprüche einer Art ermittelt hat, sollte man daher ökologische Valenz als aus dem Vorkommen im Freiland abgeleitet und ökologische Potenz als im Experiment ermittelt verwenden.

In der vorliegenden Arbeit steht die ökologische Valenz der Arten im Mittelpunkt, und die Artengruppen werden entsprechend dem Vorkommen ihrer Arten charakterisiert, beispielsweise als „Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder" oder „Gruppe euryöker Waldarten"
Die für die Verbreitung von Carabiden entscheidenden Faktoren sind insbesondere die Parameter Feuchtigkeit, Temperatur und Licht. Sie werden in der Literatur umfassend dargestellt (LAUTERBACH 1964, THIELE 1964a, TIETZE 1973a,b,c,d, 1974, BECKER 1975, THIELE 1977, RÖMBKE et al. 1994). Die Ansprüche der Carabidenarten an diese Faktoren wurden von verschiedenen Autoren in Präferenzversuchen im Labor ermittelt. Es wurden in der vorliegenden Arbeit insbesondere solche Angaben verwendet, denen eine vergleichbare Methodik bei den Versuchen zugrundelag. Sie beziehen sich in erster Linie auf die Untersuchungen von THIELE (1977) sowie THIELE (1964a) und ergänzend auf die Arbeiten von PAARMANN (1966) und TIETZE (1973b) sowie LAUTERBACH (1964). Zur autökologischen Charakterisierung der Arten wird in der vorliegenden Arbeit also die ökologische Potenz herangezogen, während die ökologische Valenz in erster Linie zur Beschreibung der synökologischen Beziehungen dient.
Zunächst wurden in Anlehnung an die Vorgehensweise bei pflanzensoziologischen Untersuchungen Arten und Standorte in einer zweidimensionalen Matrix so gruppiert, daß sich ein möglichst klarer Gradient sowohl zwischen den Arten als auch zwischen den Standorten herausbildete (Tab. 5). Danach wurden die Arten zu Artengruppen zusammengefaßt aufgrund ihrer Häufigkeiten bzw. der Schwerpunkte ihres Auftretens an den Standorten. Die Abgrenzungen der Artengruppen sind fließend, und die Kenntnis der ökologischen Potenz der Arten bildete selbstverständlich den Wissenshintergrund bei der Gruppierung.
Arten, die im subrezedenten Dominanzbereich bzw. in Einzelfunden und nur an einem bzw. wenigen Standorten auftraten, wurden im ersten und letzten Arten-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 5. Dominanzklassen der Carabidenarten an den Untersuchungsstandorten. Erläuterungen: Eudominant = großer Kreis, dominant = kleiner Kreis, subdominant = Quadrat, rezedent = Dreieck, subrezedent = Kreuz. Die Angaben beziehen sich auf die Daten in Tabelle 4 (Mittelwert der Jahre 1993 und 1994). Angaben zur Biotopbindung siehe Tabelle 1 des Anhangs, sW = stenotope Waldart, eW = eurytope Waldart, eu = eurytop (Vorkommen sowohl in Wäldern als auch in Offenlandstandorten), eF = eurytope Feldart, sF = stenotope Feldart.

		Schönau	Ottenhöfen	Donauesch.	Bad Urach	Zwiefalten	Schriesheim	Offenburg	Eppingen	Crailsheim	Breisach	Mannheim
Pterostichus melanarius	eu	■				+					–	
Amara convexior	eF		+									
Calathus micropterus	eW			+								
Pterostichus strenuus	eu	–		+							–	
Dromius agilis	eW			+							–	
Carabus monilis	eu				+						–	
Loricera pilicornis	eF					+					–	
Poecilus versicolor	eF					+						
Carabus silvestris	eW	+	●	●			+	–				
Pterostichus pumilio	eW	■	■	+	+	+	+	+		+	–	
Cychrus caraboides	eW	+	■	+		+		–			–	
Pterostichus aethiops	eW			▲		+						
Carabus auronitens	eW	■	+	●	●	●			■		–	
Molops elatus	sW	+		■	▲	▲		–	+			
Trichostichnus nitens	eW		+		▲	▲	+		+			
Carabus irregularis	sW				■	▲						
Cychrus attenuatus	eW	–			▲						–	
Pterostichus burmeisteri	eW	■	●	●	●	●	●	●	▲	■		
Abax ovalis	sW	■	■		●	●	■	●	●		+	
Pterostichus niger	eu	+			■	■			▲			
Pterostichus madidus	eu	+			+	+		–			+	
Carabus violaceus	eu			■				●		–	■	+
Carabus coriaceus	eu	+	●	–	▲	■	+	■	■	●	▲	
Abax parallelepipedus	eW	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Carabus nemoralis	eu		■	▲	▲	■	●	●	●	▲	▲	▲
Pter. oblongopunctatus	eW		▲	■	■		■		+	■		●
Carabus problematicus	eW				+		+		●			■
Molops piceus	sW		+		■	+		▲	■	●	●	
Abax parallelus	sW	+	●			+	+	■	▲	●	●	+
Notiophilus rufipes	eu						+					●
Amara ovata	eF				▲							
Carabus granulatus	eu					+		+				
Harpalus distinguendus	eF						+				–	
Carabus arvensis	eW						+	+				
Licinus hoffmannseggi	eW							+				
Stomis pumicatus	eF							+				
Trechus quadristriatus	eF							+				
Carabus intricatus	eW					–		■				+
Nebria salina	eF								+			
Poecilus cupreus	eF								+			
Trehcus obtusus	eW								+			
Harpalus latus	eu								▲	+		
Carabus ullrichi	sF				–	–			–		+	
Nebria brevicollis	eu					–	+					+
Notiophilus aquaticus	eF								+			▲
Bembidion lampros	eF			–	–							▲

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

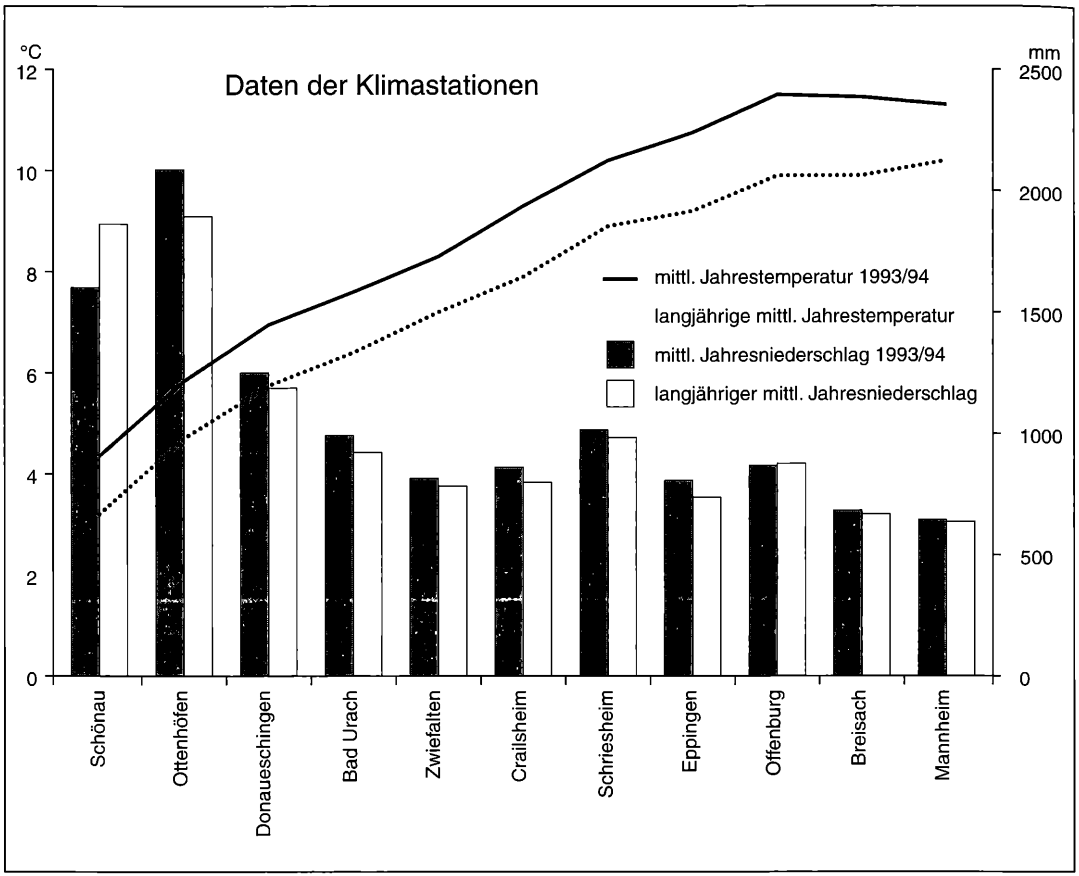


Abbildung 3. Klimadaten der den Untersuchungsflächen nächstgelegenen Stationen des Deutschen Wetterdienstes (siehe Tabelle 1). Die Standorte wurden nach der langjährigen mittleren Jahrestemperatur geordnet. Im Vergleich mit Tabelle 5 steht Crailsheim 3 Plätze weiter links, Offenburg und Eppingen haben die Plätze getauscht.

block den anderen Artengruppen voran- bzw. nachgestellt. Es handelt sich hierbei überwiegend um eurytope Arten und Offenlandarten. Einzelne Arten hiervon, die zwar in höheren Dominanzstufen auftraten, wie z. B. *Amara ovata* oder *Notiophilus aquaticus* im rezedenten Bereich, wurden aufgrund ihres nur vereinzelten Vorkommens an nur einem bzw. zwei Standorten und vor allem aufgrund ihrer der Literatur entnommenen Charakterisierung als Offenlandarten dieser Artengruppe zugeordnet. Dabei stellt der erste Artenblock den Teil der Arten dieser Gruppe dar, die den am stärksten kühl und feucht geprägten Standorten zugeordnet wurden. Hier findet sich z. B. *Loricera pilicornis*, eine Offenlandart, die u.a. auf feuchten und nassen Wiesen weit verbreitet ist. Der letzte Artenblock enthält die Arten dieser Gruppe, die den stärker warm und trocken geprägten Standorten zugeordnet wurden.

Die Anordnung der Standorte mit dem Gradienten der Artenspektren zeigt einen Verlauf von den montan gelegenen Flächen mit ihrem kühl-feuchten Klimatyp, hin zu den kollin/planar, stärker warm und trocken geprägten. Dies entspricht weitgehend auch der Reihung, die sich aus den Klimadaten der Standorte ergibt (Abb. 3). Die aus Tabelle 1 entnommenen Daten zu Niederschlägen und Temperaturen der Untersuchungsflächen stellen die Werte der nächstgelegenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes dar. Sie sind also als Makroklima der entsprechenden Region zu verstehen und spiegeln nicht vollständig die lokalen Verhältnisse der Untersuchungsflächen wider, die z. B. durch die Expositionsverhältnisse davon abweichen können. So könnte die unterschiedliche Eingruppierung von Crailsheim zu interpretieren sein, das laut den Klimadaten eher in Richtung der kühl-feucht geprägten Standorte tendiert.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

4.1 Hauptarten

In Tabelle 5 lassen sich 8 Artengruppen erkennen, von denen sich 6 aus Hauptarten zusammensetzen (Block 2-7), die überwiegend höhere als nur subrezedente Dominanzstufen in den Waldstandorten erreichen und die zur allgemein verbreiteten Carabidenfauna von Wäldern gehören. Es handelt sich um eurytope und stenotope Waldarten sowie eurytope Arten.

4.1.1 Artengruppe subalpin/montan geprägter Buchen-/Nadelwälder

Diese Gruppe (Block 2) zeigt den Schwerpunkt ihrer Verbreitung in den montan bis subalpin gelegenen und am stärksten kühl-feucht geprägten Standorten. Es handelt sich um eurytope Waldarten, die in diesen klimatisch zum Teil extremen Verhältnissen sowohl in Buchen- als auch in Nadelwäldern vorkommen.

Carabus silvestris, der in den Nadelwaldstandorten eudominant auftritt, wird von KOCH (1989) als montan bis subalpin verbreitete Art genannt, die in Fichtenwäldern, Hochmooren und den Alpen bis zur Latschenzone vorkommt. Die Art überwintert gesellig in Nadelholzstubben (FREUDE, HARDE & LOHSE 1976).

Pterostichus pumilio ist nach FRIEBE (1983) eine montane Art, während sie KOCH (1989) als montan bis subalpin in feuchten Wäldern, Waldmooren und Quellrieseln verbreitet aufführt. *Cychrus caraboides* ist nach HORION (1941) eine nord- und mitteleuropäische Art, die nach KOCH (1989) von der Ebene bis alpin in feuchten Laubwäldern, aber auch auf Waldlichtungen und an Waldrändern und in den Alpen in Nadelwäldern sowie Zwergstrauchheiden verbreitet ist. KRAUSE (1974) nennt als Vorzugshabitat für Standorte der Sächsischen Schweiz feuchte, kühle Schluchten sowie feuchte Buchen- und Eschenwälder.

4.1.2 Artengruppe montan geprägter Buchenwälder

Diese Artengruppe setzt sich neben euryöken auch aus stenöken Arten zusammen und hat in den Untersuchungsflächen ihren Verbreitungsschwerpunkt in den von einem ausgeglichenen kühl-feuchten Waldklima geprägten Standorten Bad Urach und Zwiefalten, die auch botanisch sehr artenreiche Wälder darstellen. Es sind charakteristische, von der Makrofauna geprägte Mullbuchenwälder, die für Carabiden günstige Nahrungsbedingungen bieten. Diese Artengruppe ist an den untersuchten Standorten in den montanen Buchenwäldern am vollständigsten ausgeprägt.

Pterostichus aethiops schließt mit seiner montan bis alpinen Verbreitung und seinem Vorkommen in feuchten Laub- und Mischwäldern (KOCH 1989) noch an die vorherige Gruppe an. Er ist nach HORION (1941) eine nord-, ost- und mitteleuropäische Art. Nach KRAUSE (1974) scheint sie kühle und feuchte Wälder zu bevorzugen.

Carabus auronitens hat eine mitteleuropäisch montane Verbreitung (HORION 1941). KOCH (1989) nennt für seine Vorkommen feuchte Laub- und Mischwälder des Hügellandes und der Gebirge sowie Nadelwälder, was sich durch sein dominantes bzw. eudominantes Auftreten in drei Untersuchungsflächen bestätigt. Er erscheint auch in kollin-submontanen Fichtenwäldern des Osterzgebirges als subdominante Art (GEILER & BELLMANN 1974). KRAUSE (1974) fand die Art in der Sächsischen Schweiz vorzugsweise in Buchenwäldern, aber auch im Fichtenwald und auf feuchten Wiesen. BLUMENTHAL (1981) führt sie als Art auf, die Feuchtigkeit und Kühle liebt und die als Indikator für intakte, humusreiche Mischwälder brauchbar ist, allerdings eingeschränkt dadurch, daß ihre Verbreitung in den in Frage kommenden Biotopen sehr lückenhaft ist. Wenn auch verbreitet Angaben zu ihrem Vorkommen im montanen Bereich vorliegen, so z. B. auch LAUTERBACH (1964) in Höhen zwischen 550 und 650 m in Laub- und Nadelwäldern des Sauerlandes, weist doch BLUMENTHAL (1981) auf ein manchmal häufiges Vorkommen in der Ebene in Eichenwäldern des Münsterlandes hin. Auch FRIEBE (1983) erwähnt ihn in dem kollinen Sauerhumusbuchenwald im Stadtwald Ettlingen in 310-340 m Höhe, wenn auch dort nur subrezedent vertreten. In der Untersuchungsfläche Eppingen wurde er subdominant in 220 m Höhe nachgewiesen und könnte dort zusammen mit den subrezedent vertretenen *Molops elatus* und *Trichotichnus nitens* für kühl-feuchtere mikroklimatische Verhältnisse stehen.

Molops elatus und *Cychrus attenuatus* sind montane Arten, von denen *C. attenuatus* auch bis in den subalpinen Bereich geht und vor allem in Buchen-, aber auch in Nadelwäldern verbreitet ist (KOCH 1989). Sie werden bezüglich ihrer Präferenzen beide als hygrophil, psychrophil und skotophil charakterisiert (THIELE 1964a, 1977). *Molops elatus* ist in feuchten Laubwäldern, besonders Fagetalia-Gesellschaften, sowie feuchten Waldrändern verbreitet (KOCH 1989) und auch LAUTERBACH (1964) führt die Art nur auf den montanen Laub- und Fichtenstandorten seiner Untersuchung auf. *Trichotichnus nitens* ist ebenfalls eine montane Art mit Verbreitungsschwerpunkt in Wäldern (KOCH 1989).

Die mittel- und südeuropäisch (HORION 1941) verbreitete Art *Carabus irregularis* kommt montan bis subalpin in feuchten Wäldern und vorzugsweise an Nordhängen krautreicher Buchenwälder vor (KOCH 1989), was sich auch mit dem stärkeren Auftreten in Bad Urach gegenüber Zwiefalten deckt. KRAUSE (1974) fand die Art bevorzugt im nassen Laubwald und in geringer Zahl im feuchten Buchenwald, jedoch mit lückenhafter Verbreitung und nicht in allen potentiellen Biotopen. Auch BLUMENTHAL (1981) nennt als einschränkende Faktoren für ihre Indikatoreignung ihr lokales Vorkommen. Dabei ist sie aber nach diesem Autor für feuchte und kühle Krautbuchenwälder charakteristisch und in den Alpen in höheren Lagen auch im Nadelwald verbreitet.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

4.1.3 Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder

Eine weitere Gruppe, die sich aus den Arten *Pterostichus burmeisteri* und *Abax ovalis* zusammensetzt, zeigt ein breites Verteilungsspektrum von den montanen bis in die kollin geprägten Standorte hinein und über die verschiedenen Waldgesellschaften von Nadelwäldern, Mullbuchenwäldern bis hin zu den Moderbuchenwäldern. Sie treten dabei meist in höheren Dominanzstufen auf und lassen in ihrer Häufigkeit eine Abnahme hin zu den kollinen bzw. planaren und überwiegend warm-trocken geprägten Standorten Crailsheim, Breisach und Mannheim erkennen. Nach ihrer autökologischen Präferenz zeigen sie das gleiche Verhalten. Sie sind wie viele Arten der vorherigen Gruppe hygrophil, psychrophil und skotophil (THIELE 1977) und dürften unter den kühl/feucht bis mäßig kühl/feuchten Bedingungen von Buchenwäldern ihre Idealbedingungen finden. Sie sind mitteleuropäisch verbreitet (HORION 1941).

Pterostichus burmeisteri ist in montan bis subalpinen Laubwäldern (Fagetalia-Gesellschaften) weit verbreitet (KOCH 1989). Mäßig trockene bis mäßig feuchte Buchenwälder und feuchte Laub- und Schluchtwälder sind sein Vorzugshabitat in den Untersuchungen von KRAUSE (1974) im Elbsandsteingebirge, wo er aber ausgesprochen feuchte Standortsformen meidet.

Abax ovalis tritt vorwiegend montan in feucht-kühlen Wäldern auf (KOCH 1989). Er kommt in den Fagetalia-Gesellschaften verbreitet und häufig vor (RABELER 1962, LAUTERBACH 1964, MARTIUS 1986) und fehlt z. B. unter den klimatisch wärmeren und trockeneren Bedingungen von Hecken und Gebüschen (THIELE 1964b, FUCHS 1969).

4.1.4 Artengruppe euryöker Waldarten

Die euryöke Artengruppe setzt sich aus allgemein in Wäldern verbreiteten Arten zusammen, die auch an den Untersuchungsflächen über alle Waldgesellschaften verteilt sind. Die Präferenzspektren der einzelnen Arten zeigen nun schon ein deutlich euryökeres Verhalten als in den vorgenannten Gruppen und sind in den euryhygren oder xerophilen, bzw. eurythermen oder thermophilen Bereich verschoben. Dementsprechend zeigen die Arten auch zum Teil den Schwerpunkt ihrer Verbreitung in den kollinen und eher warm-trocken geprägten Standorten.

Carabus violaceus, Carabus nemoralis, Carabus coriaceus oder *Carabus problematicus* erreichen hier ihre höchsten Dominanzstufen. *Abax parallelepipedus* zeigt ebenso eine mehr oder weniger kontinuierliche Zunahme seiner Dominanz in diesem Gradienten von Ottenhöfen bis Breisach.

Es handelt sich in dieser Gruppe weiterhin auch um einige Arten mit eurytoper Verbreitungsangabe, das heißt sie kommen sowohl in Wäldern als auch in Offenlandstandorten vor. So sind auch viele Arten dieser Gruppe unter der Carabidenfauna von Hecken und Gebüschen zu finden (THIELE 1964b, FUCHS 1969).

Pterostichus niger hat nach THIELE (1977) hygrophile, thermophile und skotophile Präferenzen. Es ist eine eurasiatisch-kaukasisch-sibirische Art (HORION 1941), die schwerpunktmäßig feuchte Laub- und Nadelwälder, Waldränder, Feldgehölze, aber auch lehmige Gärten, feuchte Felder und Wiesen bewohnt (KOCH 1989). Auch KRAUSE (1974) kann keine enge Standortbindung erkennen, nur trockene Stellen werden weitgehend gemieden.

Pterostichus madidus verhält sich nach Laborbefunden hygrophil, eurytherm und euryphot (THIELE 1977). Er zeigt ein eurytopes Verbreitungsbild und kommt in Laubwäldern, Waldrändern, Flußauen, trockenen Feldern und Ruderalflächen, sowie an Trockenhängen und anderen Standorten vor (KOCH 1989).

Eine ebenfalls eurytope Verbreitung in lichten Wäldern, Auwiesen, offenem Gelände, meist jedoch im Wald, von der Ebene bis ins Hochgebirge weist auch *Carabus violaceus* auf (KOCH 1989), der nach HORION (1941) eine nord-, ost- und mitteleuropäische Art darstellt. Auch KRAUSE (1974) kann keine klare Bindung dieser Art an bestimmte Habitate erkennen. Er fand sie an Sammelstellen in der Sächsischen Schweiz sowohl im Laubwald und Nadelwald als auch in Wiesen. Im Tharandter Wald tritt die Art subrezedent bzw. subdominant in Fichtenforsten in Erscheinung (GEILER & BELLMANN 1974).

Die an den meisten Untersuchungsflächen auftretende Art *Carabus coriaceus* ist in Wäldern weit verbreitet. KOCH (1989) gibt für ihr eurytopes Verbreitungsbild ein Biotopspektrum von feuchten Laubwäldern, Waldrändern und Hecken bis hin zu Offenlandstandorten wie Gärten, Wiesen, Feldrainen, Heide und sogar Weinberge sowie Trockenhänge an. GEILER & BELLMANN (1974) führen ein Vorkommen der Art in einem trockenen Kiefernwald auf. Auch nach BLUMENTHAL (1981) liegt keine eindeutige Bindung an einen bestimmten Biotop vor. Er spricht sie als Charaktertier der Buchenwaldgesellschaft an, die aber auch im offenen Buschgelände und sogar auf Trockenrasen gefunden wird. Diesem Verbreitungsbild entsprechen auch die Befunde der Laborpräferenzen, die nach THIELE (1977) mit xerophil, thermophil und skotophil angegeben werden.

Die Art mit der größten Stetigkeit und hohen Fangzahlen an den Standorten ist *Abax parallelepipedus*. Die eurytope Waldart bewohnt nach KOCH (1989) feuchte Wälder, besonders Gesellschaften des Fago-Quercetum (Buchen-Traubeneichenwald) und des Querco-Carpinetum (Eichen-Hainbuchenwald), Waldränder, Lichtungen sowie Hecken. Die Vorzugshabitate in den Untersuchungen von KRAUSE (1974) im Elbsandsteingebirge waren der mäßig trockene bis mäßig feuchte Buchenwald. In anderen Waldtypen vom Fichtenwald über Erlengehölz bis zum Schluchtwald war die Art

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

spärlicher vertreten. Sie war vereinzelt auch auf Wiesen und an Wegrändern nachzuweisen. Eine Standortbindung war nicht erkennbar, es wurden nur sehr trockene und sehr nasse Standorte gemieden. Die Biotopwahl dieser Art wird aus dem hygrophilen, eurythermen und skotophilen Präferenzverhalten im Labor (THIELE 1977) verständlich. Die geographische Verbreitung von *Abax parallelepipedus* erstreckt sich auf Mittel- und Südeuropa (HORION 1941).

Ebenfalls eine hohe Stetigkeit zeigt *Carabus nemoralis*. Die Art fehlt nur in Schönau. BLUMENTHAL (1981) bezeichnet ihr Vorkommen infolge ihrer allgemeinen Verbreitung in Strahlungshabitaten, Feldgehölzen, Parkanlagen und Wäldern als bioindikatorisch wenig aussagekräftig. Ihre hohe ökologische Valenz drückt sich in ihrem euryhygren, eurythermen und skotophilen Präferenzverhalten (THIELE 1977) aus. Die eurytop verbreitete Art findet sich in lichten Wäldern, Auwäldern, Hecken, Gärten, Waldrändern, Heiden, auf Wiesen und an Trockenhängen (KOCH 1989). KRAUSE (1974) fand sie bevorzugt im trockenen bis mäßig feuchten Buchenwald, vereinzelt im Eschenwald und Kiefernwald und spärlich in einem Erlenwäldchen am Bachrand. In den eigenen Untersuchungsflächen erreicht sie ihre höchste Dominanz in den mittel kühl/feuchten Moderbuchenwäldern Schriesheim und Offenburg. Die an Fichtenstandorten des Tharandter Waldes aufgetretenen Exemplare lassen keine Bindung an bestimmte Standorte erkennen (GEILER & BELLMANN 1974). Diese Autoren bezeichnen sie als kulturbegünstigt und auch BLUMENTHAL (1981) vermutet, daß sie ziemlich indifferent gegenüber menschlicher Nähe und Feldbestellung sei. Sie ist eine in Nord- und Mitteleuropa verbreitete Art (HORION 1941).

Die europäisch-sibirisch (HORION 1941) vorkommende Art *Pterostichus oblongopunctatus* ist eine eurytope Waldart mit einem Präferenzspektrum von xerophilem, eurythermem und euryphotem Verhalten (PAARMANN 1966, THIELE 1977). Entsprechend kommt sie in trockenen bis mäßig feuchten Laub- und Mischwäldern, aber auch in Hecken, Feldgehölzen und Heidebiotopen vor (KOCH 1989). In den Untersuchungen von KRAUSE (1974) tritt die Art in Laub- und Fichtenwald auf, jedoch nur vereinzelt auf offenen Stellen wie Schonungen und läßt aber ansonsten ein Vorzugshabitat und eine Standortbindung nicht erkennen. Nach GEILER & BELLMANN (1974) kommt das euryöke Verhalten der Populationen des Tharandter Waldes darin zum Ausdruck, daß in beiden Untersuchungsjahren je ein Aktivitätsmaximum an einem frischen und kühlen sowie an einem wärmeren und trockeneren Standort nachzuweisen war.

Carabus problematicus zeigt ein nord-, west- und mitteleuropäisches Verbreitungsbild (HORION 1941). Diese eurytope Waldart kommt allgemein in Wäldern, Hecken, Heiden und in den Alpen bis zur Zwergstrauchstufe vor (KOCH 1989) und wird von THIELE (1977) als hygrophil, thermophil und skotophil bezeichnet. Bei LAUTERBACH (1964) tritt die Art regelmäßig an den Laub- und Nadelwaldstandorten und in geringerer Zahl auch auf Fichtenschonungen auf. Nach BLUMENTHAL (1981) ist auch sie erstaunlich indifferent gegenüber menschlichen Eingriffen in die Waldgesellschaften, insbesondere chemischer Art, verursacht z. B. durch die industrielle Emission von Phenolverbindungen.

4.1.5 Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder

Diese Artengruppe setzt sich aus *Molops piceus* und *Abax parallelus* zusammen und zeigt ihren Verbreitungsschwerpunkt in den eher warm-trocken geprägten kollinen Waldstandorten dieser Untersuchung. Dort weisen sie ihre höchsten Dominanzstufen auf. Diese stenök-stenotopen Waldarten sind aufgrund ihrer weitgehend kühl/feuchten Präferenzen auf ein ausgeprägtes Waldklima angewiesen und finden optimale Bedingungen zum Beispiel unter den Verhältnissen von Buchenwäldern erfüllt. Besonders charakteristisch scheint das gemeinsame Auftreten der beiden Arten zu sein.

Der nach THIELE (1977) hygrophile, psychrophile und skotophile *Molops piceus* zeigt im Labor das gleiche Präferenzverhalten wie *Molops elatus*, der in der Artengruppe der kühl-feuchten Standorte steht. *Molops piceus* wird jedoch von KOCH (1989) und HORION (1941) zwar als besonders montan verbreitet genannt, geht aber auch tiefer in die Ebenen gegenüber der als uneingeschränkt montan charakterisierten Art *Molops elatus*. *Molops piceus* ist also trotz seiner Dominanz in den kollinen Standorten eine Art, die auf ein ausgeprägtes Waldklima angewiesen ist. Sie ist im allgemeinen in feuchten Laubwäldern, vor allem Fagetalia-Gesellschaften auf basenreichen Böden, sowie an Waldrändern und in Hecken verbreitet (KOCH 1989). Nach KRAUSE (1974) meidet sie im Vorzugshabitat Buchenwald und Schluchtwald nur extrem trockene bzw. nasse Standortsformen. Ihr geographisches Verbreitungsareal erstreckt sich über Mittel- bis Süd-Osteuropa (HORION 1941).

Demgegenüber weist *Abax parallelus* zwar auch ein hygrophiles und skotophiles Verhalten auf, darüber hinaus ist er aber eurytherm (THIELE 1977). Damit wird verständlich, daß er stärker als *Molops piceus* in den wärmeren und trockeneren Standortsbereich der planaren Wälder vordringt. *Molops piceus* wird unter diesen für seine Lebensansprüche zu ungünstigen Bedingungen selten und dürfte in planaren Wäldern kaum noch anzutreffen sein. KOCH (1989) gibt als allgemeine Verbreitung für *Abax parallelus* feuchte Wälder, vor allem Fagetalia-Gesellschaften, aber auch Waldränder, Gärten und Trockenhänge an. Nach diesem Autor ist sie ebenfalls eine montan sehr verbreitete Art, die aber auch in die Ebenen vordringt. LAUTERBACH (1964) fand die Art sowohl in verschiedenen Laub-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

waldgesellschaften als auch in Fichtenbeständen und Schonungen bzw. Kahlschlägen. Sie hat nach HORION (1941) ein west- und mitteleuropäisches Verbreitungsareal.
In LAUTERBACHS (1964) Untersuchungsgebieten im Sauerland in 200-300 m Höhe und im Ebbegebirge in 550-650 m Höhe traten *Molops piceus* und *Abax parallelus* nur an den kollinen Standorten im Raume Hagen auf. Dies traf auch für *Abax ovalis* zu, dessen Verbreitung wie bereits besprochen in den eigenen Untersuchungsflächen stärker zu den mesophilen und montanen Standorten hin verschoben ist. Die Arten die ausschließlich an den montanen Standorten im Ebbegebirge auftraten, sind *Molops elatus, Carabus auronitens* und *Pterostichus aethiops* und entsprechen somit der hier charakterisierten Artengruppe der kühl-feuchten Standorte.

4.1.6 Artengruppe planar geprägter Wälder

Die eurytope Art *Notiophilus rufipes* ist entsprechend ihrer Häufigkeit an planaren Standorten dort als Hauptart einzustufen. So wurde sie als einzelne Art in eine eigene Artengruppe gestellt. Sie hat in Südwestdeutschland ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Buchen- und Mischwäldern der Rheinebene. Auch die Verbreitungsangaben in der Literatur lassen sich mit einem Schwerpunkt in klimatisch planar geprägten Wäldern in Einklang bringen. So ist sie eine nach KOCH (1989) in Heiden, Dünen, anmoorigen Böden, Wärmehängen, trockenen Laubwäldern, insbesondere der Fagetalia- (mesophytische Laubmisch- und Buchenwälder) und Querco-Betuletum-Gesellschaften (Klasse: Quercetea robori-petraeae, Birken-Eichenwälder) und in sandigen Flußauen verbreitete Art. Nach RABELER (1969) gehört sie im nordwestdeutschen Flachland anscheinend fest zur Fauna der azidophilen Eichen-Mischwälder einschließlich der Buchen-Eichenwälder, wobei der Autor insbesondere das Querco-Betuletum i. e. S. (Klasse: Quercetea robori-petraeae) zu den bevorzugten Biozönosen zählt. Die von RABELER (1969) in Quelkhorn in der Nähe von Bremen untersuchten Eichen-Birkenwälder (Querco roboris-Betuletum), in denen er die Art nachwies, gehören zu einem bewaldeten Dünengebiet. Dies entspricht zum Teil auch den Verhältnissen in Mannheim. Dieser planar gelegene Bestand in der Rheinebene stellt einen Buchen-Kiefernwald auf Sandboden dar. Der im allgemeinen eher spärlich zu findende Käfer und der nach TRAUTNER (1992b) in der Roten Liste mit dem Gefährdungsgrad 3 gekennzeichnet ist, scheint für solche relativ trockenen und warmen Wälder der Ebenen typisch zu sein.

4.2 Begleitarten

Den Hauptarten gegenüber steht die Gruppe der Begleitarten (Tab. 5, erster und letzter Block), die durch einen hohen Anteil an stenotopen und eurytopen Offenlandarten sowie eurytopen Arten ausgezeichnet ist. Daneben sind auch wenige eurytope Waldarten enthalten, deren Einordnung zu den Hauptarten aufgrund ihrer sporadischen Verbreitung oder geringen Häufigkeit ohne weitere Untersuchungen nicht möglich war. Bei einzelnen Arten dieser Gruppe ist bei weiteren Untersuchungen eine eventuelle Zuordnung zu einer der Hauptartengruppen nicht auszuschließen. Die Begleitarten treten überwiegend nur in geringen Dominanzstufen auf, können aber durchaus der Feinindikation dienen.

Tabelle 6. Dominanzen der Hauptartengruppen sowie der Begleitarten in % (1993/94).

	Schönau	Ottenhöfen	Donauesch.	Bad Urach	Zwiefalten	Schriesheim	Offenburg	Eppingen	Crailsheim	Breisach	Mannheim
Artengruppe subalpin/montan geprägter Buchen-/Nadelwälder	3,4	30,9	17,5	0,2	0,6	0,7	0,4	0	0,4	0	0
Artengruppe montan geprägter Buchenwälder	4,5	0,8	11,4	11,1	15,7	0,1	0	5,0	0	0	0
Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder	7,8	29,0	28,1	49,5	28,0	45,9	22,7	9,0	2,7	1,0	0
Artengruppe euryöker Waldarten	81,5	32,7	41,5	35,4	54,2	51,9	67,8	78,5	82,6	75,1	78,6
Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder	0,6	6,4	0	2,1	1,0	0,9	6,3	5,5	14,1	23,7	0,3
Artengruppe planar geprägter Wälder	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	16,4
Begleitarten	2,3	0,2	1,6	1,6	0,5	0,3	2,8	2,0	0,3	0,3	4,7

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

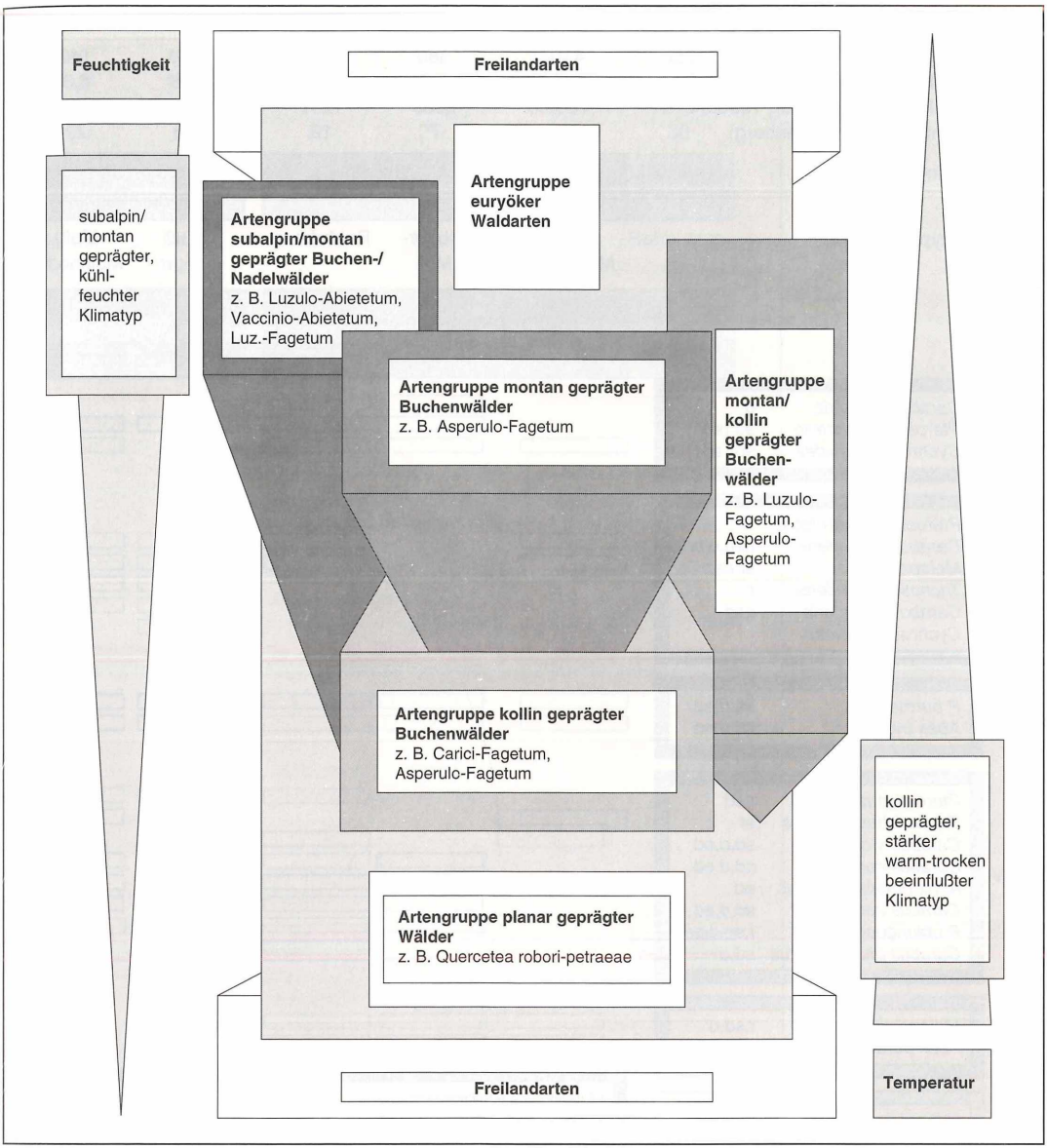
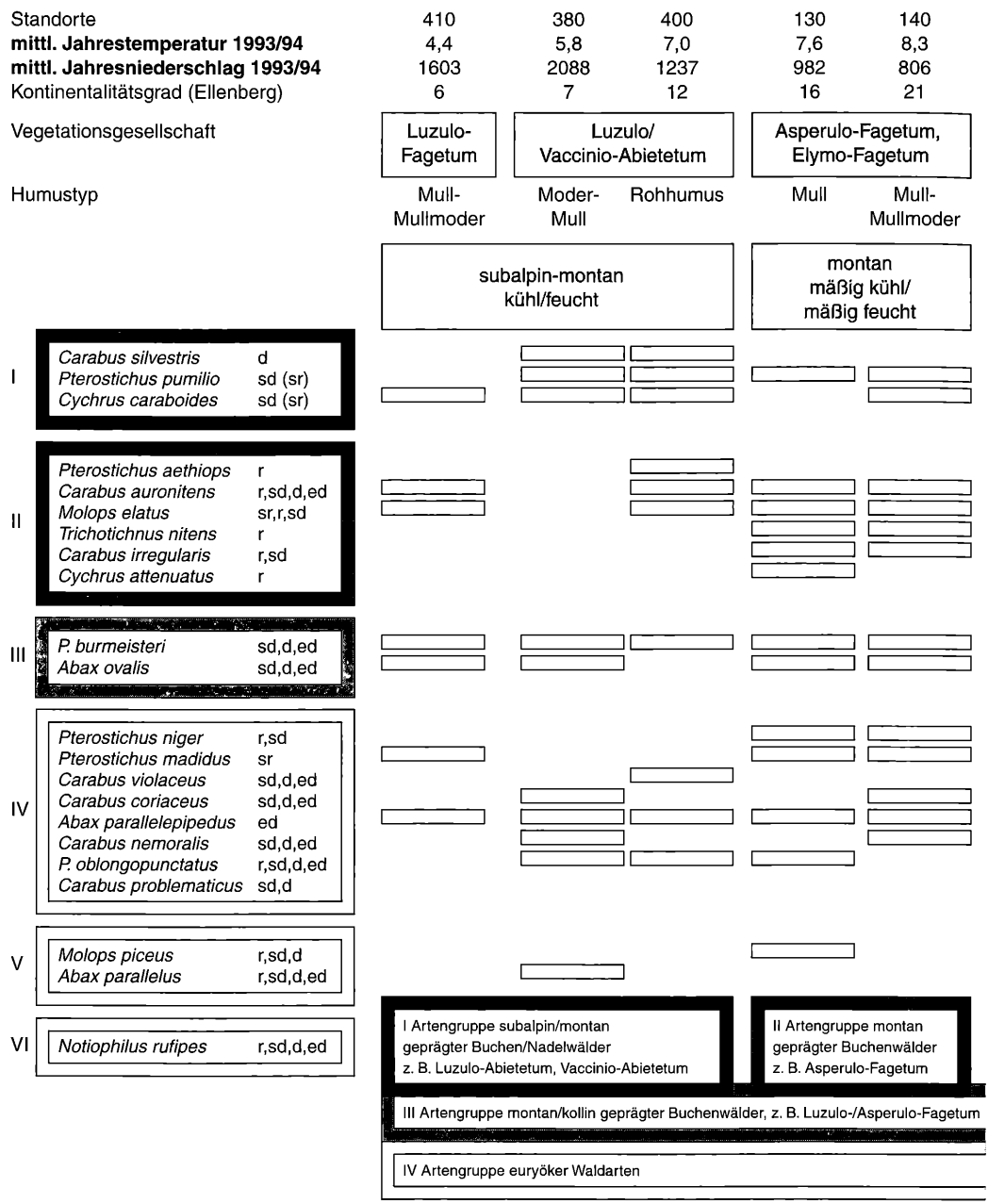


Abbildung 4. Die Verteilung der Artengruppen der Laufkäfer in südwestdeutschen Wäldern im Gradienten der beiden Hauptklimafaktoren Feuchtigkeit und Temperatur. Als Beispiel ist jeweils ein charakteristisches Vorkommen der Artengruppen angegeben.

5 Die Laufkäferzönosen

Die zusammengefaßten Dominanzen der Arten innerhalb einer Artengruppe sind in Tabelle 6 dargestellt. Sie zeigt die Zu- bzw. Abnahme der jeweiligen Artengruppe im Gradienten der Standorte. Für jeden Standort ergeben die Anteile der einzelnen Artengruppen die charakteristische Zönose. Die Zönosen ordnen sich in einem Gradienten von subalpin/montan geprägtem kühl-feuchten, zu einem kollin/planar geprägten, stärker warm und trocken beeinflußten Klimatyp. In Abbildung 4 wurde versucht, die Zuordnung dieser Zönosen zu bestimmten Vegetationsformationen mit ihren Übergängen und Verknüpfungen anschaulich zu machen.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

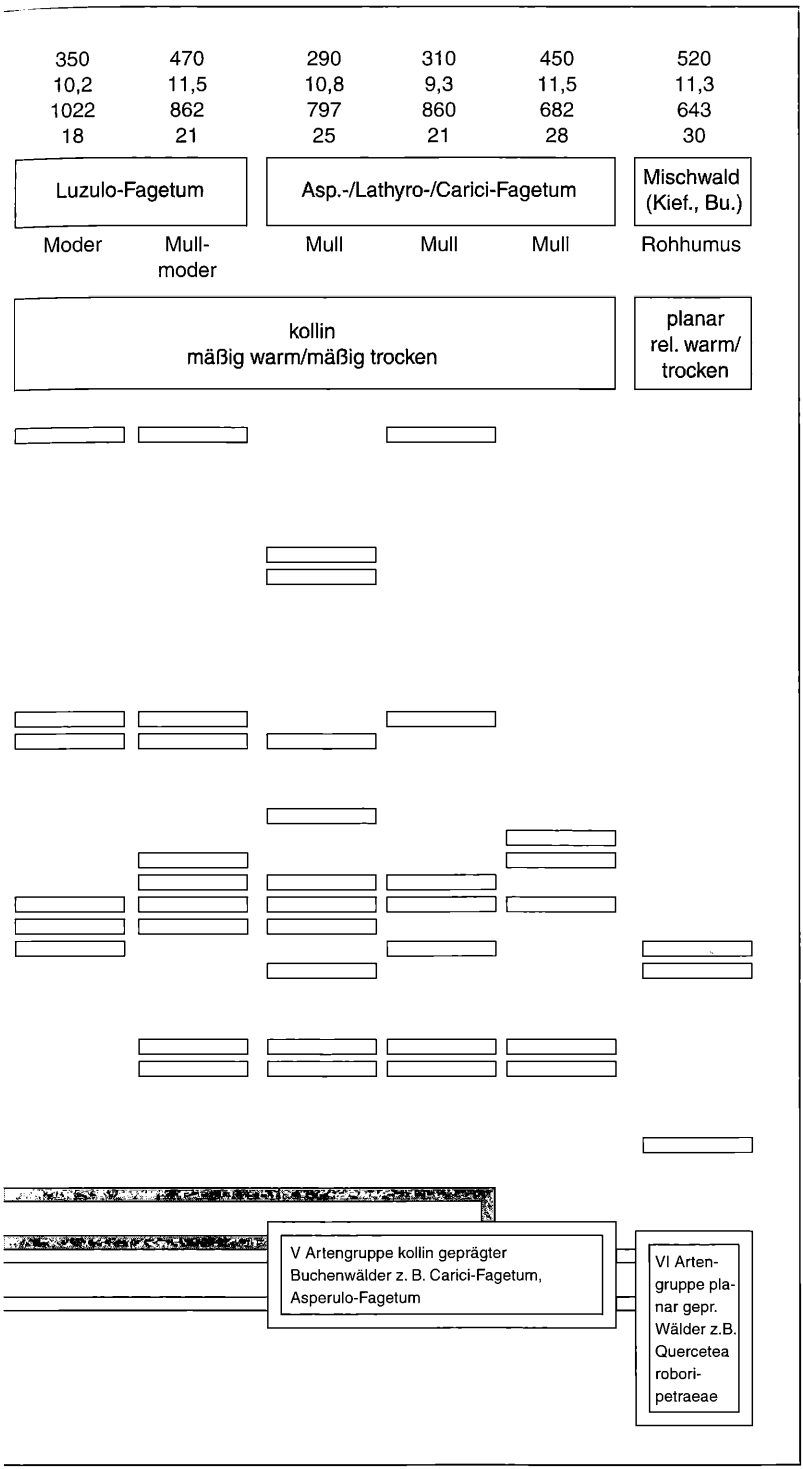


Abbildung 5. Die Laufkäferzönosen südwestdeutscher Waldstandorte. Die Rechtecksymbole bedeuten ein Vorkommen der Art in einer der für sie charakteristischen Dominanzklasse (vergl. Tab. 5).

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Die Artengruppen der Hauptarten setzen sich aus charakteristischen Arten der Wälder zusammen, die je nach ihrer autökologischen Präferenz in mehr oder weniger engem Standortsbereich und in einer höheren Fangzahl bzw. charakteristischen Dominanz auftreten. Das Artenspektrum dieser Gruppen stellt somit einen Grundbestand an meist häufigen Arten dar, die für mitteleuropäische Wälder typisch und in diesen weit verbreitet sind, die aber dennoch in ihrem Zusammenspiel charakteristische Zönosen in Wäldern erkennen lassen. Dies steht im Gegensatz z. B. zu Beurteilungsansätzen, die sich maßgeblich auf das Vorkommen von seltenen Arten stützen.
Die Arten unserer Artengruppen sind wegen ihrer weiten Verbreitung in Waldgesellschaften jeweils mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten; damit werden Vorhersagen der Carabidenzönosen in Wäldern ermöglicht. Abbildung 5 gibt dieses Erwartungsmuster des Vorkommens in der für die jeweilige Art charakteristischen Dominanzstufe in einer bestimmten Vegetationsformation – überwiegend mindestens rezedent – wieder. Dabei müssen nicht immer alle Arten jeder Artengruppe vorhanden sein. Entscheidend dürften vielmehr charakteristische Beiträge der jeweiligen Artengruppe zur Zönose sein. Aufgrund des Vergleichs der Arten dieser prognostizierten Zönosen mit den tatsächlich gefundenen Verhältnissen, kann man die Standorte im Hinblick auf Abweichungen beurteilen. Diese können vielfältiger Natur sein. Zur ergänzenden Beurteilung können dann die in geringeren Dominanzstufen auftretenden Begleitarten in Wäldern dienen.

5.1 Die Zönosen der Untersuchungsstandorte

In Schönau herrscht die Gruppe der euryöken Waldarten deutlich vor. Darunter macht *Abax parallelepipedus* den weitaus größten Teil aus. Ansonsten sind Arten aus den zu erwartenden Gruppen der subalpin/montan geprägten Buchen-/Nadelwälder und der montan geprägten Buchenwälder vorhanden, zum Teil auch in höherem, subdominantem Anteil. Ferner zeigt auch die Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder ihre Präsenz.
Donaueschingen liegt mit dem eudominanten Auftreten von *Carabus silvestris*, der wie bereits diskutiert in Nadelwaldbiotopen verbreitet ist, und dem Auftreten weiterer Arten der Gruppe subalpin/montan geprägter Buchen-/Nadelwälder sowie dem Vorhandensein von Arten der Gruppe montan geprägter Buchenwälder in charakteristischer Dominanzstufe, in dem zu erwartenden Gradientenverlauf.
Ottenhöfen dagegen weicht in seiner Zönose davon ab. Während die Artengruppe der subalpin/montan geprägten Buchen- und Nadelwälder noch in charakteristischer Weise repräsentiert ist, ergeben sich in der Artengruppe montaner Buchenwälder Lücken. Diese werden ausgefüllt durch das Auftreten der Artengruppe kolliner Buchenwälder. Dies legt den Schluß nahe, daß Ottenhöfen stärker von Wärme und Trockenheit beeinflußt ist. Es liegt mit 720 m Höhe zwar deutlich niedriger als Schönau und Donaueschingen, stellt aber dennoch einen montanen Standort dar. Auch dürften die Bodenverhältnisse in Nadelwäldern infolge der gut drainierenden Nadelstreuauflage im Vergleich zu Laubstreu trockener sein. Am wichtigsten dürfte jedoch die Süd-West Exposition bei einer Hangneigung von 25 bis 30 % sein.
Einen Hinweis auf den höheren Wärmeeinfluß in Ottenhöfen geben auch die Zeigerwerte der Pflanzen (ELLENBERG 1974), die von der LfU Baden-Württemberg ermittelt wurden. Danach liegt die mittlere Temperaturzahl bei 5,2 für Ottenhöfen und erreicht damit annähernd den Wert von Breisach (5,3); Donaueschingen und Schönau liegen mit 4,0 bzw. 4,3 weit unter diesem Wert. In den Werten des Soerensen- und des Wainstein-Index weist Ottenhöfen die meisten Ähnlichkeiten mit anderen Zönosen montaner und kolliner Standorte auf (vergl. Tab. 7 und 9), was den Eindruck eines Übergangsstandorts bestärkt.
Die mesophilen Mullbuchenwälder Bad Urach und Zwiefalten stellen erwartungsgemäß die artenreichsten Zönosen dar, mit einem ausgeprägten Auftreten der Arten der Gruppe montan geprägter Buchenwälder bei einem ausgeglichen montan kühl-feuchten bis mäßig kühl-feuchten Klimatyp. Sie sind charakteristische Standorte der Makrofauna, die entsprechend repräsentiert ist.
Demgegenüber sind die Moderbuchenwälder, zu denen Schriesheim gehört, und zum Moder tendierende Mullwälder wie Offenburg im allgemeinen als artenärmer einzuschätzen. Dennoch reiht sich Offenburg in den Artengruppengradienten ein, mit der diesen Standort im besonderen charakterisierenden Artengruppe der kollin geprägten Buchenwälder. Diese Standorte stellen im Hinblick auf die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse einen Übergang von den montan zu den ausgesprochen kollin geprägten Standorten dar, der in der jeweiligen Zönose nachzuvollziehen ist. Hier könnte eventuell auch eine mögliche höhere feuchtigkeitsspeichernde Wirkung von Moder- gegenüber Mullböden zum Tragen kommen.
Bemerkenswert ist in Offenburg das Vorkommen von *Carabus intricatus* unter den Begleitarten. Die von TRAUTNER (1992b) mit dem Gefährdungsgrad 2 in der Roten Liste der in Baden-Württemberg gefährdeten Laufkäfer geführte Art, ist innerhalb ihres mitteleuropäischen Verbreitungsgebietes (HORION 1941) vor allem nach Süden und Südosten hin verbreitet. Nach BLUMENTHAL (1981) ist sie nur noch in wenigen thermophilen Rückzugsgebieten nördlich des Mains vorhanden. Er nennt sie charakteristisch für sonnenexponierte Kiefernwälder, im Süden vorzugsweise in Buchenwäldern, und führt sie als Indikator für intakte thermophile Gebiete auf. Nach KOCH (1989) ist sie eine eurytope Waldart, die selten über 1500 m steigt

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

und die in lichten Wäldern, trockenen Waldrändern, Wärmehängen, sonnigen Böschungen sowie teils in Weinbergen vorkommt. Dies wird auch von KRAUSE (1974) bestätigt, der die Art auf Kahlschlägen und lichten Wäldern (Kiefern-, Fichten- und Laubwäldern), meist in sonniger Hanglage fand. Den meisten seiner Fundorte war eine sonnenexponierte Lage eigen.

Auffällig ist der Standort Schriesheim. Bei genauerer Betrachtung fallen hier charakteristische Anteile der Carabidenzönose aus. So ist ein Ausfall an Arten in der zu erwartenden Artengruppe montan geprägter Buchenwälder zu verzeichnen bzw. diese erreichen keine höheren Dominanzanteile. Nur *Pterostichus pumilio* stellt noch ein – allerdings in geringer Häufigkeit – typisches Faunenelement innerhalb der Artengruppe der subalpin/montan geprägten Buchen-/Nadelwälder dar. Auch die Artengruppe kolliner Buchenwälder erreicht im Hinblick auf ein potentielles, lokal wärmebeeinflußtes Mikroklima, keine höheren Dominanzanteile. Für ein eventuell wärmeres Klima könnten einige Begleitarten sprechen, wie z. B. *Carabus arvensis*, eine xerophile, thermophile und euryphote Art, oder *Notiophilus rufipes* in der Artengruppe planarer Wälder. Ansonsten erreichen nur die Arten der Gruppe euryöker Waldarten und der Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder, die ja ebenfalls ein relativ ausgeprägtes eurytopes Verbreitungsbild zeigt, höhere und für die einzelnen Arten charakteristische Dominanzanteile.

Crailsheim und Breisach zeigen ein charakteristisches Bild ihrer Zönosen im Hinblick auf höhere Dominanzanteile der Arten in den zu erwartenden Artengruppen. Neben euryöken Waldarten in meist höheren Dominanzstufen, sind insbesondere die Arten der Gruppe kollin geprägter Buchenwälder dominant bzw. eudominant vertreten. An diesen Standorten ist nun auch ein Ausklingen der Artengruppe montan/kollin geprägter Buchenwälder festzustellen. Die Artengruppen der kühl-feucht geprägten Standorte fehlen hier.

Auch der in 220 m Höhe gelegene kolline Standort Eppingen weist die charakteristische Zönose nach dem Gradienten der Artengruppen auf. Hier ist jedoch, bei etwas geringeren Dominanzstufen der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder im Vergleich mit Crailsheim oder Breisach, ein Vorkommen von Arten der Gruppe montan geprägter Buchenwälder zu verzeichnen. Davon erreicht *Carabus auronitens* ein subdominantes Niveau. Dies läßt sich folglich als einen kühlfeuchten mikroklimatischen Einfluß am Standort Eppingen interpretieren. Der geringere Dominanzanteil der kollinen Buchenwaldartengruppe gegenüber den anderen kollinen Mullbuchenwäldern Crailsheim und Breisach wird im folgenden noch in Kapitel 7 unter dem Gesichtspunkt von Belastungseinflüssen diskutiert.

Es zeigt sich hier, daß die Artengruppen nicht ausschließlich für einen Höhengradienten stehen, sondern für einen Komplex aus kühl-feuchten bzw. warm-trocken geprägten Klimabedingungen. So können Einflüsse von kühl-feuchten Klimabedingungen auch lokal in der Ebene oder an bestimmten Standorten vorkommen. Auch andere Autoren weisen, wie bereits besprochen wurde, beispielsweise auf ein Vorkommen von *Carabus auronitens* in der Ebene bzw. an kollinen Standorten hin. Ebenso können relativ warm-trockene Klimabedingungen auch an montanen Standorten auftreten, die dann, wie das Beispiel Ottenhöfen bereits gezeigt hat, durch die Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder charakterisiert werden.

Von allen Untersuchungsflächen fällt insbesondere das Artenspektrum in Mannheim auf. Die nach dem Artengruppengradienten zu erwartende Gruppe kollin geprägter Buchenwälder fehlt in höheren Dominanzanteilen. Es treten hier nur die Gruppe der euryöken Waldarten, die Artengruppe planar geprägter Wälder, sowie einige Arten aus der Gruppe der Begleitarten in Erscheinung. Auch die euryöken Waldarten zeigen gegenüber allen anderen Standorten ein verändertes Bild. *Abax parallelepipedus*, der an allen Untersuchungsflächen und in zahlreichen Arbeiten anderer Autoren (siehe oben) als eudominante Art auftritt, geht in Mannheim sehr stark zurück. Die Dominanzfolge wird hier von *Pterostichus oblongopunctatus* angeführt, der an den anderen Flächen nie höher als subdominant vertreten war. Die Art mit der zweithöchsten Dominanz stellt aus der Artengruppe planar geprägter Wälder der eurytope *Notiophilus rufipes* dar.

Weiterhin sind hier aus der Gruppe der Begleitarten zwei eurytope Feldarten rezedent vertreten. *Notiophilus aquaticus* ist in Heiden, Waldrändern, trockenen Torfen und auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verbreitet (KOCH 1989). *Bembidion lampros* kommt ebenso auf Äckern, sowie auf Ruderalflächen, in Gärten, Waldrändern, Heiden, Trockenrasen und montan auch in Wäldern vor (KOCH 1989). Diese Art zeigt auch das entsprechende Präferenzverhalten im Labor und kann als euryhygr, mesotherm und skotophil charakterisiert werden (TIETZE 1973b). Auch das Vorkommen und die Präferenzen von *Nebria brevicollis* mit seinem euryhygren, thermophilen und skotophilen Verhalten (THIELE 1977) lassen sich in diesem Zusammenhang des zunehmenden Auftretens von eurytopen bzw. Offenlandarten interpretieren. Diese Art kommt weniger in größeren, geschlossenen Waldungen vor, als vielmehr an Waldrändern und Hecken, also dem Übergangsbereich von Wald- zu Feldbiotopen und streut von ihrem Vorzugshabitat in beide aus (THIELE 1964b, FUCHS 1969). Ebenso ist in Mannheim das Vorkommen des bereits bei Offenburg besprochenen wärmeliebenden *Carabus intricatus* zu bemerken. Mannheim weist also einen hohen Dominanzanteil an eurytopen Wald- und Feldarten, insbesondere des thermophilen *Notiophilus rufipes* in seiner Zönose auf. Der Standort zeigt innerhalb des Artengruppengradienten eine Tendenz zu Offenlandstandorten. Hier würden sich noch zu charakterisierende Zönosen von Freiflächen anschließen lassen.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

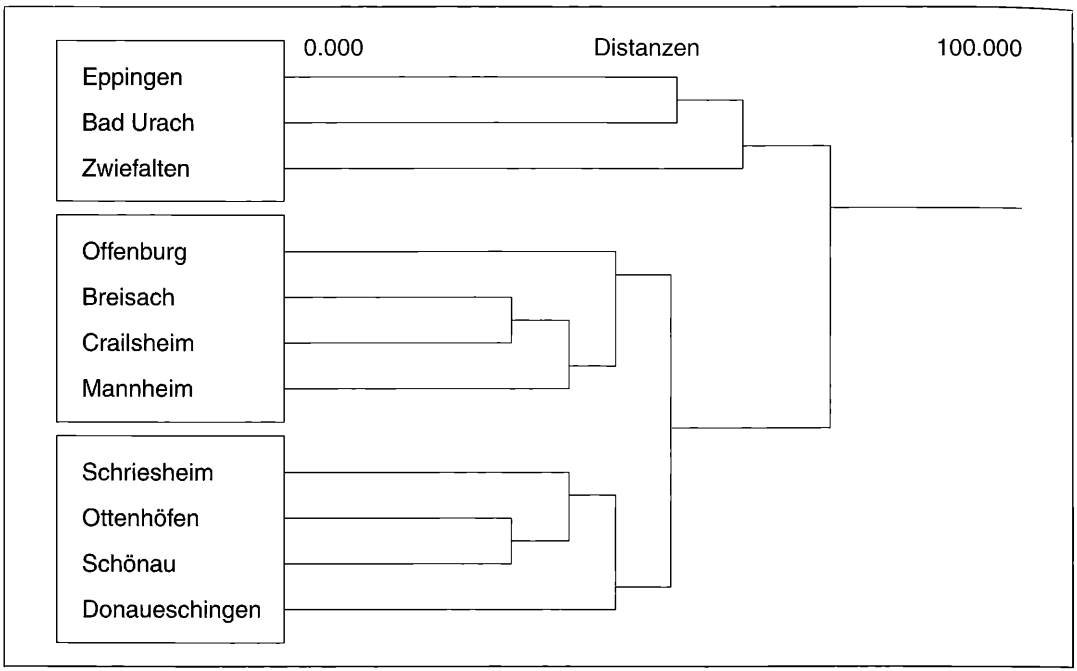


Abbildung 6. Clusterung der Standorte nach den Dominanzspektren ihrer Zönosen. Die Berechnung erfolgte nach der Prozentsatzdifferenz und der Ward-Methode. Weitere Erläuterungen siehe Text.

5.2 Standortgruppierung mittels Clusteranalyse der Zönosen

Als multivariate statistische Methode zur Gruppierung von Variablen dient die Clusteranalyse. Sie untergliedert, gesteuert durch einen Berechnungsalgorithmus, eine Anzahl von Beobachtungsfällen nach bestimmten Kriterien in mehrere Gruppen. Die Methode eignet sich dazu, Datenstrukturen und Datenzusammenhänge in einer Stichprobe zu entdecken. Dabei versucht jedes Clusterverfahren Gruppen zu finden, die möglichst weit voneinander entfernt liegen, aber deren Mitglieder untereinander möglichst eng beieinander liegen. Dazu müssen zunächst in einem ersten Schritt die Proximitätsmaße bestimmt werden. Sie drücken entweder die Ähnlichkeit zweier Fälle oder deren Distanz aus. Hierzu werden die Fälle paarweise verglichen und für jedes Paar eine Maßzahl errechnet. Dies ergibt eine Proximitätsmatrix, die für jeden Fall die Distanz bzw. Ähnlichkeit zu jedem anderen Fall angibt.

Im zweiten Schritt der Analyse, dem Gruppenbildungsverfahren, wird die Zugehörigkeit der Fälle zu einem Cluster bestimmt. Dabei werden die beiden Fälle mit dem geringsten Abstand, also der größten Ähnlichkeit, zu einem ersten Cluster vereinigt, das im Vergleich zu anderen Fällen nun nur noch als einzelner Wert notiert wird. Durch Iteration des Verfahrens wird nun erneut die kleinste Distanz zu einem weiteren Fall unter den verbliebenen gesucht. Dieser kann dem Anfangscluster zugeschlagen oder ein zweites Cluster gegründet werden, wodurch eine Hierarchie von Clustern als Dendrogramm dargestellt wird. Bei den Schritten der Clusteranalyse gibt es jeweils verschiedene Methoden. Als Proximitätsmaß in der vorliegenden Untersuchung wurde zum einen die Prozentsatzdifferenz, zum anderen die euklidische Distanz, die der quadrierten Differenz des Objektpaares entspricht, gewählt. Das Gruppenbildungsverfahren erfolgte nach der Ward-Methode. Hier wird für jedes Cluster die Fehlerquadratsumme berechnet und diejenigen Cluster zusammengefaßt, die die Fehlerquadratsumme am wenigsten erhöhen. Weitere Informationen sind den Darstellungen von URBAN et al. (1992) zu entnehmen.

Für die Clusteranalyse wurden die Dominanzspektren der Carabiden verwendet (Tab. 4). Anhand der Dendrogramme können in den Abbildungen 6 und 7 Standortgruppen zusammengefaßt werden, die durch die Ähnlichkeit ihrer Artenspektren charakterisiert sind.

Die Standortgruppierung in Abbildung 6 zeigt weitgehende Parallelen zu der in Kapitel 4 vorgenommenen Bildung von Standortgruppen. Im ersten Block ordnet die Clusteranalyse die montanen Mullbuchenwälder Bad Urach und Zwiefalten zusammen. Eppingen paßt insoweit in diese Gruppe, als auch schon in Tabelle 5 ein Auftreten von Arten der Artengruppe montan ge-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

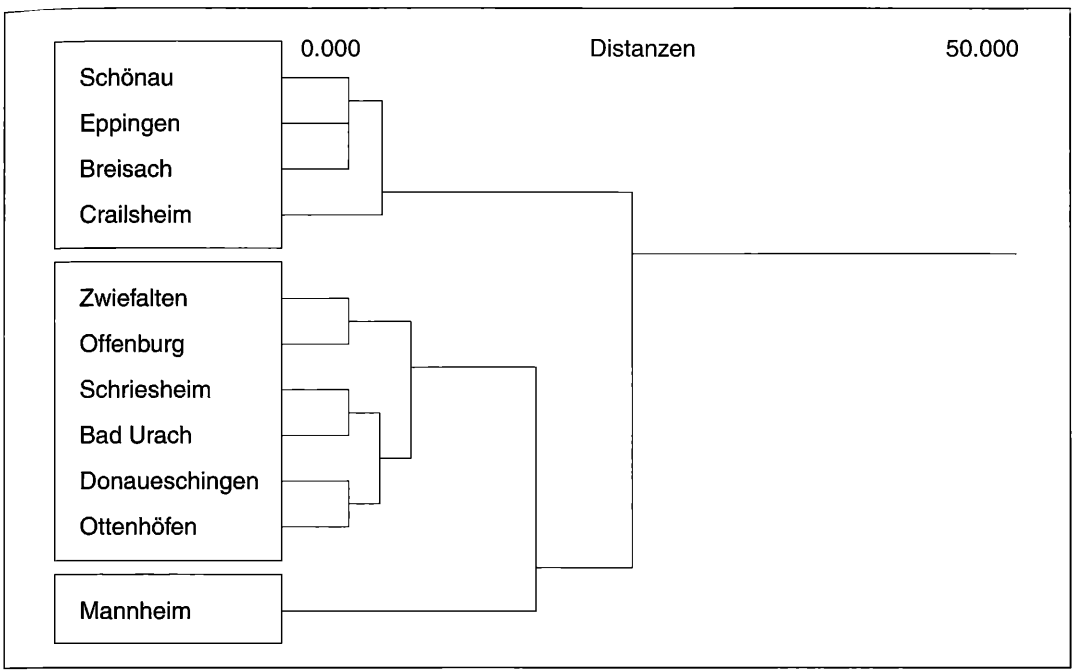


Abbildung 7. Clusterung der Standorte nach den Dominanzspektren ihrer Zönosen. Die Berechnung erfolgte nach der euklidischen Distanz und der Ward-Methode. Weitere Erläuterungen siehe Text.

prägter Buchenwälder ersichtlich ist und dieser Standort möglicherweise ein Mikroklima hat, das in Richtung von kühl-feuchten Verhältnissen tendiert.
Im zweiten Block werden die kollinen bzw. planaren und makroklimatisch ähnlichen Standorte gruppiert. Die Standorte Breisach und Crailsheim liegen wie auch in Kapitel 4 eng zusammen, während Mannheim aufgrund seines anderen Artenspektrums isoliert steht. Ebenso liegt auch der Moderbuchenwald Offenburg in dieser Gruppe isoliert.
Der dritte Block besteht aus den montan gelegenen Standorten Schönau, Ottenhöfen und Donaueschingen, was die Aussagen in Kapitel 4 wiederum bestätigt. Hier fällt die Eingruppierung des kollinen Standorts Schriesheim auf.

Tabelle 7 Soerensen-Quotienten der Untersuchungsflächen 1993/94. Erläuterungen: Einteilung der Werte in 3 Klassen: < 30, 30-60, > 60.

	Schön-au	Otten-höfen	Donau-esch.	Bad Urach	Zwie-falten	Schries-heim	Offen-burg	Eppin-gen	Crails-heim	Brei-sach	Mann-heim
Schönau			51,8	58,1		50,0	42,9	51,6	45,5	45,5	16,7
Ottenhöfen			57,2				55,2			52,2	32,0
Donaueschingen				43,8	47,1	41,4	34,5	37,5	43,5	26,1	32,0
Bad Urach						54,5	42,4		51,9	44,4	27,6
Zwiefalten						45,7	51,4	57,9	48,3	48,3	19,4
Schriesheim							53,3	54,6	58,3	41,7	53,9
Offenburg								42,4	58,3	58,3	38,5
Eppingen									59,3	44,4	41,4
Crailsheim										55,6	40,0
Breisach											40,0
Mannheim											

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Die Gruppierung der Standorte in Abbildung 7 weicht von der vorigen an einigen Stellen deutlich ab. Zwar rücken die beiden Nadelwaldstandorte noch näher zusammen, auch die nicht leicht zu interpretierende Affinität von Breisach und Crailsheim bleibt erhalten und der zweite Block enthält nur montane und kolline Standorte. Der erste Block jedoch umfaßt eine doch sehr heterogene Gruppe vom montan/subalpinen Schönau bis zum wärmsten Standort Breisach im Kaiserstuhl, dazwischen die beiden kollinen Standorte Eppingen im Kraichgau und Crailsheim in Hohenlohe. Der Standort Mannheim wird hier völlig gegensätzlich zur vorigen Darstellung deutlich von den meisten anderen Standorten abgetrennt.
Die unterschiedliche Gruppierung der Standorte aufgrund der verschiedenen Methodik die in den Abbildungen 6 bzw. 7 angewandt wurde zeigt, daß statistische Verfahren, wie die Clusteranalyse, bei diesen Fragestellungen kritisch betrachtet werden müssen. Je nach Art des gewählten Verfahrens gelangt man zu unterschiedlichen Ergebnissen. Es muß bei solchen Untersuchungen immer eine Interpretation mit einfließen, die auf einem breiten ökologischen Wissen über die Carabidenarten basiert. Die ebenfalls durchgeführte Clusterung nach Artengruppen führte zu keinen befriedigenden Ergebnissen. Aus den angesprochenen Gründen reicht eine solche Auswertung im Sinne der Bildung von Artengruppen allein aufgrund ihrer Häufigkeit und Verteilung nicht aus. Dies führt zur Gruppierung von Arten, die zwar die gleichen Fangzahlen aufweisen können, aber von anderen Gesichtspunkten her nicht oder nur bedingt nachvollziehbar sind.

5.3 Vergleich der Zönosen der Untersuchungsstandorte mittels ökologischer Indices

Die unterschiedliche Ähnlichkeit oder Konkordanz der Zönosen an den Untersuchungsflächen wird im folgenden mittels ökologischer Indices geprüft, die alle auf einem Vergleich jeweils zweier Zönosen beruhen. Alle Standorte müssen also paarweise, jeder mit jedem verglichen werden. Die Ergebnisse dieser Vergleiche werden in einer zweidimensionalen Matrix dargestellt. Zu weiteren Erläuterungen und Berechnung der Indices siehe MÜHLENBERG (1993).

5.3.1 Soerensen-Quotient

Der Soerensen-Quotient berücksichtigt in seiner Berechnung die Zahl der gemeinsamen Arten zweier Untersuchungsflächen. Er kann maximal 100 % betragen, was einem völlig identischen Artenspektrum auf beiden Flächen entspricht, oder aber bei 0 % liegen, wenn keine gemeinsamen Arten nachgewiesen werden.

$$QS = \frac{2G}{Sa + Sb} \times 100$$

G: Zahl der in beiden Gebieten gemeinsam vorkommenden Arten
Sa, Sb: Zahl der Arten in Gebiet a bzw. b

Der Soerensen-Quotient unterscheidet nur zwischen „Art vorhanden" oder „Art nicht vorhanden" Die Dominanzverhältnisse bleiben unberücksichtigt, seltene und häufige Arten werden gleich bewertet. Die Werte des Soerensen-Quotienten der Untersuchungsflächen sind in Tabelle 7 aufgeführt.

5.3.2 Renkonen'sche Zahl

Die Renkonen'sche Zahl bezieht die relative Häufigkeit der jeweiligen Arten mit ein und ist ein Maß für die Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen von zwei Artengemeinschaften. Sie schwankt zwischen 0 und 1, wobei der Maximalwert nicht nur einem identischen Artenspektrum, sondern auch einer identischen Dominanz der einzelnen Arten entspräche.

Tabelle 8. Renkonen'sche Zahl der Untersuchungsflächen 1993/94. Erläuterungen: Einteilung der Werte in 3 Klassen: < 0,3, 0,3-0,6, > 0,6.

	Schönau	Ottenhöfen	Donaueschingen	Bad Urach	Zwiefalten	Schriesheim	Offenburg	Eppingen	Crailsheim	Breisach	Mannheim
Schönau	1	0,33	0,45	0,41	0,58	0,40	0,50	**0,72**	**0,62**	**0,72**	0,02
Ottenhöfen		1	**0,67**	0,55	0,43	0,54	0,52	0,34	0,42	0,31	0,05
Donaueschingen			1	**0,66**	0,55	**0,65**	0,56	0,42	0,41	0,37	0,07
Bad Urach				1	**0,64**	**0,73**	0,55	0,49	0,38	0,34	0,06
Zwiefalten					1	0,49	**0,66**	**0,67**	0,54	0,50	0,04
Schriesheim						1	**0,64**	0,44	0,41	0,35	0,09
Offenburg							1	0,59	0,55	0,53	0,05
Eppingen								1	**0,71**	**0,71**	0,10
Crailsheim									1	**0,75**	0,07
Breisach										1	0,04
Mannheim											1

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

$$Re = \sum_{i=1}^{G} \min Da,b$$

min Da, b: Der jeweils kleinere Dominanzwert der gemeinsamen Arten von Standort a und b
i: Art i
G: Zahl der gemeinsamen Arten

Die Werte der Renkonen'schen Zahl der Untersuchungsflächen sind in Tabelle 8 aufgeführt.

5.3.3 Jaccard'sche Zahl

Die Jaccard'sche Zahl, auch Artenidentität genannt, ist in ihrer Berechnung dem Soerensen-Quotienten recht ähnlich und liefert auch qualitativ dieselben Werte. Sie wird berechnet aus der Zahl der in beiden Gebieten gemeinsam vorkommenden Arten und der Zahl der im Gebiet A bzw. im Gebiet B vorkommenden Arten. Es werden nur die Zahl der Arten, nicht jedoch deren Häufigkeit berücksichtigt. Sie wurde von uns nur zur weiteren Verwendung im Wainstein-Index berechnet.

$$JZ = \frac{G \times 100}{Sa + Sb - G}$$

G: Zahl der in beiden Gebieten gemeinsam vorkommenden Arten
Sa, Sb: Zahl der im Gebiet a bzw. b vorkommenden Arten

5.3.4 Ähnlichkeitsindex nach Wainstein

Mit dem Ähnlichkeitsindex K_W nach Wainstein werden sowohl die gemeinsamen Arten als auch ihre relativen Häufigkeiten an zwei Standorten berücksichtigt. In seine Berechnung nach der Formel:

$$K_W = Re \times JZ$$

geht zum einen die Renkonen'sche Zahl (Re) und zum anderen die Jaccard'sche Zahl (JZ) ein. Der Wainstein-Index nimmt Werte zwischen 0 und 100 an, je höher die Zahl desto größer ist die Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung beider Standorte. Die Werte des Wainstein-Index der Untersuchungsflächen sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Die verschiedenen Indices weisen aufgrund der Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung der Standorte viele Parallelen zu der in Kapitel 4 zur Erarbeitung der charakteristischen Artengruppen vorgenommenen Standortgruppierung auf (vergl. Tab. 5). Von diesen Verhältnissen etwas abweichend verhält sich Schönau, das der Renkonen'schen Zahl und dem Wainstein-Index zufolge hohe Ähnlichkeitswerte mit den kollinen Standorten zeigt. Dies ist insoweit verständlich, als an dem klimatisch extremen Standort Schönau überwiegend die euryöken Arten dominieren und auch an den kollinen warm und trocken geprägten Untersuchungsflächen die Artengruppe der euryöken Waldarten besonders stark hervortritt. Im Hinblick auf die Belastungssituation ist die hohe Ähnlichkeit der Standorte Schriesheim und Mannheim bei allen Indices bemerkenswert. So hat beim Soerensen-Quotienten Mannheim mit Schriesheim die größte Ähnlichkeit gegenüber allen anderen Flächen, bei der Renkonen'schen Zahl erreicht die Übereinstimmung den zweithöchsten Wert und beim Wainstein-Index wiederum den höchsten Wert der Ähnlichkeit.

6. Vergleich der Zönosen weiterer südwestdeutscher Standorte

Zur Prüfung der Gültigkeit der in Kapitel 4 und 5 erarbeiteten Zönosen auch für weitere südwestdeutsche Standorte wurden Daten aus der Literatur herangezogen. Dabei diente der im Stadtwald Ettlingen gelegene bodensauere Moderbuchenwald Schluttenbach (FRIEBE 1983) dem Vergleich mit den Standorten der entsprechenden Vegetationsgesellschaft, Humusart und

Tabelle 9. Wainstein-Index der Untersuchungsflächen 1993/94. Erläuterungen: Einteilung der Werte in 3 Klassen: < 10, 10-20, > 20.

	Schönau	Ottenhöfen	Donaueschingen	Bad Urach	Zwiefalten	Schriesheim	Offenburg	Eppingen	Crailsheim	Breisach	Mannheim
Schönau	100	16,7	15,6	17,0	**33,3**	13,2	13,6	**25,0**	18,3	**21,1**	0,2
Ottenhöfen		100	**26,8**	**24,8**	20,4	**28,3**	19,9	15,3	**22,2**	10,9	1,0
Donaueschingen			100	18,5	17,0	17,00	11,6	10,0	11,5	5,6	1,4
Bad Urach				100	**33,4**	**27,4**	14,8	**24,6**	13,3	9,7	0,9
Zwiefalten					100	14,4	**22,8**	**27,5**	17,2	15,8	0,4
Schriesheim						100	**23,1**	16,3	16,7	9,3	3,2
Offenburg							100	15,8	**22,6**	**22,0**	1,2
Eppingen								100	**29,8**	**20,3**	2,5
Crailsheim									100	**28,9**	1,7
Breisach										100	1,0
Mannheim											100

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 10. Standortbeschreibung weiterer Untersuchungsflächen Baden-Württembergs nach Literaturangaben der genannten Autoren, ergänzt durch Jahresberichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU 1988, 1989, 1993) und neuere Angaben der LfU (Klimadaten).

Zitat	Friebe (1982)	Lang (1993)	Lang (1993)	Lang (1993)	Lang (1993)	Schwan (1995)	dto.	dto.
Standort	Schluttenbach	Karlsruhe	Weinheim (Mannheim)	Eberbach	Pfalzgrafenweiler	Jöhlingen	dto.	dto.
Nr. Ökol. Wirkungskataster		500	520	340	360			
Fallenbezeichnung		LfU	LfU	LfU	LfU	W1	W2	W3
naturräuml. Einheit	nördl. Schwarzwaldvorland	nördl. Oberrheinebene	nördl. Oberrheinebene	Odenwald	Schwarzwald	Kraichgau	dto.	dto.
Höhe (m)	310-340	112	100	400	670-690	170-210	dto.	dto.
Höhenstufe	kollin	planar	planar	submontan	montan	kollin	dto.	dto.
Allgemeinklima	subatlant.	subkont.	subkont.	subozean.	subozean.	subkont.	dto.	dto.
Klimastation (Dt. Wetterdienst)		Karlsruhe (112 m)	Mannheim (96m)	Eberbach (178m)	Schömberg (635m)	Bretten (188m)	dto.	dto.
mittl. Jahrestemperatur	8,3	10,1	10,2	8,9	7,3	8,8	dto.	dto.
mittl. Jahresniederschlag	1050	741	642	996	1048	734	dto.	dto.
Zeitraum der Klimadaten	1979-1981	langjährig	langjährig	langjährig	langjährig	langjährig	dto.	dto.
Biotop	Buchenwald	Buchenwald	Mischwald	Buchenwald	Nadelwald	Buchenwald	dto.	dto.
Pflanzengesellschaft	Luzulo-Fagetum	Luzulo-Fagetum	Kiefernforst mit Buche	Luzulo-Fagetum	Luzulo-Abietetum	Luzulo-Fagetum	dto.	dto.
Humus	Moder	Moder	Moder	F-Mull	Moder	Moder	dto.	dto.
pH-Wert (Ah)	3,8-4,7	3,6	3,4	3,6	3,7			
Bodenart		lehmiger Sand	lehmiger Sand	toniger Sand	schluffiger Lehm	Lößlehm	dto.	dto.
Exposition	NW				O		S	
allg. Bemerkungen	Hanglage		Ma mehr Sandanteile als KA		örtlich mit Lößlehm	trocken/warm Waldrand	trocken/warm 30 m von Waldrand	frisch Waldesinnere
Fangzeitraum (Monate)	ganzjährig	3/4, 5/6, 8/9 1993	3/4, 5/6, 8/9 1993	3/4, 5/6, 8/9 1993	3/4, 5/6, 8/9 1993	Mai-Juni	dto.	dto.
Fangdauer (Tage)	7 pro Monat	14, 14, 14	14, 14, 14	14, 14, 14	14, 14, 14	45	dto.	dto.
Fallenzahl	12	5,5,5	5,5,4	5,3,0	5,5,4	3	dto.	dto.

Höhenlage, nämlich Offenburg und Schriesheim. Insbesondere die durch das Fehlen charakteristischer Artengruppen gekennzeichnete Situation in Schriesheim sollte anhand der Daten von Schluttenbach überprüft werden.

Ergänzend wurden weitere Dauerbeobachtungsflächen des Immissionsökologischen Wirkungskatasters der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg verglichen, die von Lang (1993) auf ihre Carabidenfauna hin untersucht worden waren. Dabei sollte mit dem Standort Karlsruhe insbesondere die Carabidenfauna eines weiteren planaren Standortes betrachtet werden sowie das Verhalten der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder mit ihrem oben diskutierten Ausklingen in solchen insbesonders warm und trocken geprägten Standorten. Dies sollte einer Einschätzung des eigenen planaren Untersuchungsstandortes Mannheim dienen, der ebenfalls durch Ausfall von zu erwartenden Artengruppen bzw. Verarmungserscheinungen der Zönose auffällig war.

Langs Probennahme umfaßt im Vergleich mit der unseren einen wesentlich kürzeren Zeitraum, also deutlich weniger „Fallentage" Deshalb wurden für den Standort Weinheim (Mannheim) zusätzlich auch die Daten von Lang (1993) übernommen; seine Versuchsfläche entspricht unserer Fläche Mannheim. Dies dient zum einen dem direkten Vergleich von Mannheim untereinander, eben unter der Einschrän-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

SCHWAN (1995)	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Jöhlingen	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Hw1N	Hw1S	Hw2N	Hw2S	Hw3N	Hw3S	Hw4N	Hw4S	Hw5N	Hw5S
Kraichgau	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
170-210	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
kollin	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
subkontinental	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Bretten (188m)	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
8,8	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
734	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
langjährig	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Hohlweghecke	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Chaero-phylletum temuli	Aegopo-dietum podagrariae	Chaero-phylletum temuli	Chaero-phylletum temuli	Chaero-phylletum temuli	Chaero-phylletum temuli	Chaero-phylletum temuli	Aegopo-dietum podagrariae	Chaero-phylletum temuli	Chaero-phylletum temuli
Lößlehm	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
S	N	SSW	NNO	S	N	SSO	NNO	SSO	NNO
evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. konst. hohe Boden-feuchte	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. konst. hohe Boden-feuchte	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung	evtl. sommerl. Bodenaus-trocknung
Hohlwegsohle	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
Mai-Juni	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
45	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.
2	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.	dto.

kung einer unterschiedlichen Probenahme. Zum anderen ist innerhalb der Flächen von LANG (1993) unter gleichen Probenahmebedingungen eine Beurteilung von Weinheim (Mannheim) anhand des Vergleichsstandorts Karlsruhe möglich. Des weiteren wurden von LANG (1993) mit Eberbach ein weiterer Moderbuchenwald und mit Pfalzgrafenweiler ein Nadelwald zur Verifizierung herangezogen. Ferner wurden in einem kollin gelegenen Luzulo-Fagetum drei Standorte betrachtet, sowie ergänzend eine kolline Hohlweghecke im Kraichgau (SCHWAN 1995). In Tabelle 10 sind die Standorte zusammenfassend dargestellt.

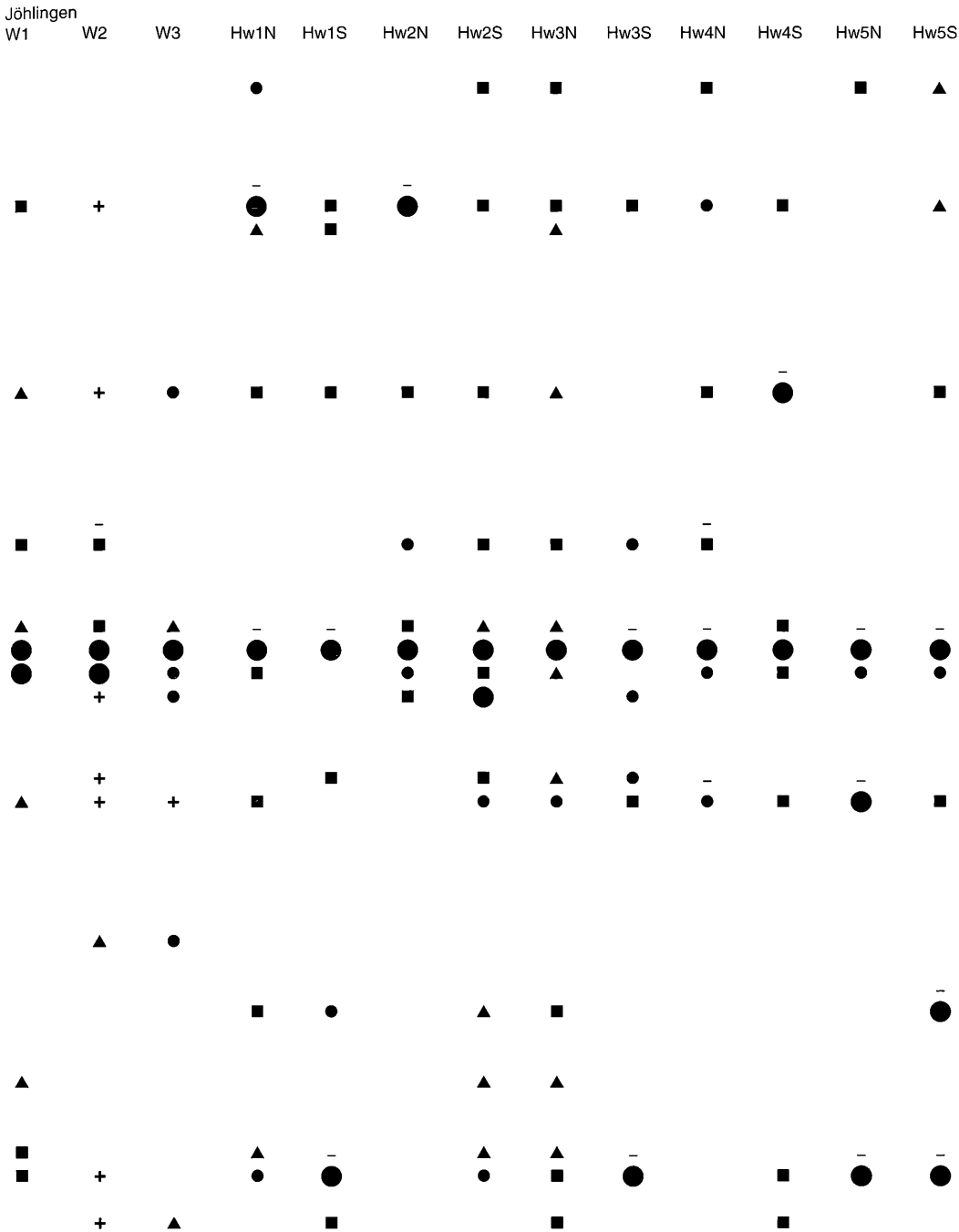
An dem kollin im Stadtwald Ettlingen gelegenen Standort Schluttenbach machen sich bereits die Steigungsregen am Westabhang des Schwarzwaldes mit relativ hohen Niederschlagsmengen bemerkbar; die durchschnittliche Jahrestemperatur im Bestand liegt infolge der Nord-nordost-Exposition des Geländes nur bei 8,3°C (BECK 1988). Der Lage und den lokalen klimatischen Bedingungen entsprechen die Anteile der kühl/feuchte Bedingungen präferierenden Artengruppen sowie der Arten der Gruppe montan/kolliner Buchenwälder und der euryöken Waldartengruppe (Tab. 11). Er fügt sich damit gut in den Artengruppengradienten ein. Auch wenn Moderbuchenwälder im allgemeinen als stärker artenverarmt gegenüber Mullbuchenwäldern gelten, so zeigt Schluttenbach doch einen charakteristischen Anteil an Arten der zu erwar-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 11. Dominanzklassen der Carabidenarten an den in Tabelle 10 genannten Standorten Baden-Württembergs. Die Anordnung der Arten entspricht derjenigen in Tabelle 5. Die Gruppe der Begleitarten wurde durch neue Arten ergänzt.

	Pfalzgrafen-weiler 360	Eberbach 340	Schluttenbach	Karlsruhe 500	Weinheim (Mannheim) 520
Pterostichus melanarius					
Amara convexior					
Calathus micropterus					
Pterostichus strenuus					
Dromius agilis					
Carabus monilis					
Loricera pilicornis					
Poecilus versicolor					
Carabus silvestris	●				
Pterostichus pumilio	●	•	■		
Cychrus caraboides					
Pterostichus aethiops					
Carabus auronitens	●	•	▲		
Molops elatus					
Trichostichnus nitens					
Carabus irregularis					
Cychrus attenuatus					
Pterostichus burmeisteri		●	●		
Abax ovalis					
Pterostichus niger					
Pterostichus madidus					
Carabus violaceus					
Carabus coriaceus			–	•	
Abax parallelepipedus	●		●	●	
Carabus nemoralis	●	–		–	■
Pt. oblongopunctatus		●	•	●	●
Carabus problematicus			▲	●	
Molops piceus					
Abax parallelus			▲	•	
Notiophilus rufipes				●	■
Amara ovata					
Carabus granulatus					
Harpalus distinguendus					
Carabus arvensis					
Licinus hoffmannseggi					
Stomis pumicatus					
Trechus quadristriatus					
Carabus intricatus					
Nebria salina					
Poecilus cupreus					
Trehcus obtusus					
Harpalus latus				•	
Carabus ullrichi					
Nebria brevicollis					
Notiophilus aquaticus					
Bembidion lampros					
Stenolophus teutonus					

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 11. Fortsetzung

	Pfalzgrafen-weiler	Eberbach	Schluttenbach	Karlsruhe	Weinheim (Mannheim)
	360	340		500	520
Dromius quadrimaculatus					
Carabus cancellatus					
Dromius melanocephalus					
Harpalus rufipes					
Notiophilus palustris					
Amara communis					
Amara familiaris					
Anisodactylus binotatus					
Calathus fuscipes					
Carabus auratus					
Harpalus anaeus					
Harpalus dimidiatus					
Platynus assimilis					
Platynis dorsalis					
Trichotichnus laevicollis					

tenden Artengruppen und auch der relativ stenotopen Artengruppe montan geprägter Buchenwälder. Dies bestätigt die Auffälligkeit von Schriesheim mit dem Ausfall von Artengruppen bzw. der Artenverarmung an diesem Standort. Ebenso sind die Anteile der stenotopen Waldarten in Schluttenbach höher.

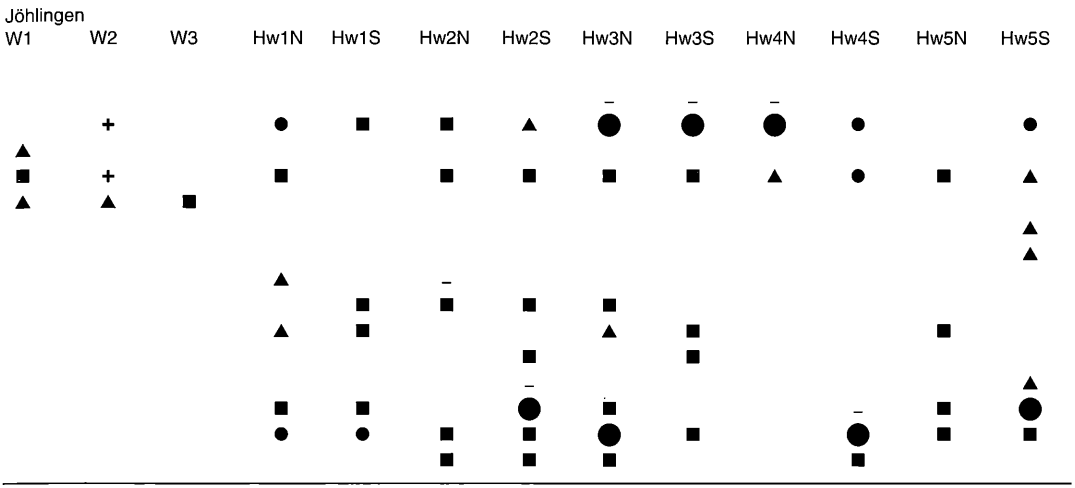
Der aufgrund der klimatischen Daten und der Vegetationsgesellschaft mit Schluttenbach vergleichbare Standort Eberbach bestätigt ebenfalls diese Verteilung in den Artengruppen und fügt sich in den Artengruppengradienten ein. Dies trifft auch für Pfalzgrafenweiler zu, der sich den vergleichbaren montanen Nadelwäldern Ottenhöfen und Donaueschingen einreiht.

Der Standort Karlsruhe zeigt gemäß den Erwartungen nach dem Artengruppengradienten eine Zönose, die sich aus der Artengruppe der euryöken Waldarten, der Gruppe der kollinen Buchenwälder und der Artengruppe planarer Wälder zusammensetzt. Es bestätigt sich das Ausklingen der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder an planaren, stark warm und trocken beeinflußten Standorten mit dem Verschwinden von *Molops piceus*. *Abax parallelus*, der aufgrund seines stärker ausgeprägten euryöken Verhaltens weiter in diese Verhältnisse vordringen kann, ist in einem charakteristischen, höheren Dominanzanteil vertreten.

Der unmittelbare Vergleich der beiden von LANG (1993) untersuchten Standorte Karlsruhe und Weinheim (Mannheim) unterstützt die oben diskutierten Befunde der eigenen Untersuchungsfläche Mannheim. Auch wenn die Standorte bei LANG (1993) nur kurzzeitig beprobt wurden und insgesamt nur wenige Individuen gefangen wurden, so zeigt sich doch in Karlsruhe ein ausgewogeneres Häufigkeitsverhältnis in der Zönose. Die Artengruppe der euryöken Waldarten stellt sich relativ artenreich dar und auch in der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder ist der stenotope *Abax parallelus* in relativ hohem Anteil vertreten. Dies entspricht insgesamt dem Artengruppengradienten. Der direkt vergleichbare Standort Weinheim (Mannheim) zeigt eine stark verarmte Zönose. Innerhalb der euryöken Waldarten tritt nur *Pterostichus oblongopunctatus* in höheren Anteilen auf, während die Artengruppe der kollinen Buchenwälder vollständig ausfällt. Der in den eigenen Untersuchungsflächen an allen Standorten bis auf Mannheim eudominante *Abax parallelepipedus* fehlt auch bei LANG (1993) in Weinheim (Mannheim), während er auch im direkten Vergleichsstandort Karlsruhe ebenfalls in eudominantem Anteil vorkommt. Bei einem direkten Vergleich der Flächen Weinheim (Mannheim) und Mannheim untereinander, zeigt sich jeweils – trotz unterschiedlich umfangreichem Probenumfang – das gleiche verarmte Bild der Artengruppen.

Eine weitere Untersuchung, die ebenfalls wie die von LANG (1993) im Hardtwald bei Karlsruhe durchgeführt wurde und in der insgesamt 9 verschiedene Waldstandorte bzw. Waldtypen beprobt wurden (RIEGER 1995), weist ebenfalls ein Artenspektrum auf, das sich in den Artengruppengradienten einreihen läßt. Die einzelnen Standorte zeigen ein charakteristisches Bild der Artengruppe der euryöken Waldarten, mit einem diversen und zahlreichen Auftreten von Arten dieser Gruppe. Auch *Abax parallelepipedus* tritt an allen Flächen dieser Untersuchung in hohen Fangzahlen auf. Die Artengruppe kolliner Buchenwälder ist vor allem mit dem teilweise stark dominierenden *Abax parallelus* an 6 der Untersuchungsflächen präsent. Weiterhin sind zahlreiche begleitende Arten vertreten. Es zeigt sich so ein in überwiegendem Maße mit Karlsruhe (LANG 1993) vergleichbares Bild der Zönose planarer Wäl-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



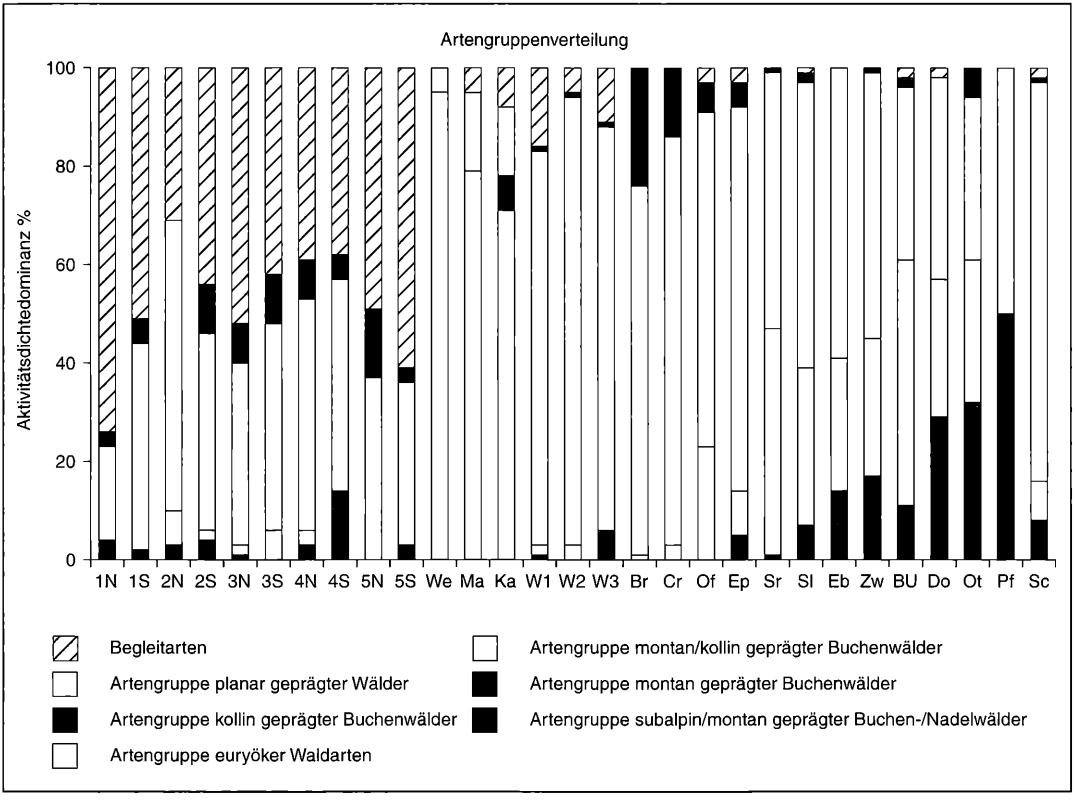


Abbildung 8. Artengruppenverteilung der Standorte. Standortabkürzungen: 1N-5S = Hohlweghecke, We = Weinheim (Mannheim), Ma = Mannheim, Ka = Karlsruhe, W1-W3 = kolliner Buchenwald im Kraichgau, Br = Breisach, Cr = Crailsheim, Of = Offenburg, Ep = Eppingen, Sr = Schriesheim, Sl = Schluttenbach, Eb = Eberbach, Zw = Zwiefalten, BU = Bad Urach, Do = Donaueschingen, Ot = Ottenhöfen, Pf = Pfalzgrafenweiler, Sc = Schönau.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

der, das ebenfalls Mannheim als besonderen, verarmten Standort herausstellt.
Als weiterer Vergleichsstandort zeigt der von SCHWAN (1995) untersuchte kolline Buchenwald im Kraichgau ein charakteristisches zu erwartendes Bild seiner Zönose (Tabelle 11). So zeigt die divers ausgebildete Artengruppe der euryöken Waldarten eine ausgeprägte Dominanz, mit eudominantem Anteil von *Abax parallelepipedus* an allen drei Fallenstandorten im Buchenwald. Hingegen ist hier die Artengruppe kolliner Buchenwälder verarmt. Hierfür lassen sich verschiedene Gründe diskutieren. Zum einen weist SCHWAN (1995) auf relativ warm-trockene Bedingungen dieses sonnseitig exponierten Teiles des Untersuchungsgebietes hin. Wie bereits diskutiert, kann diese Artengruppe unter stark ausgeprägten Bedingungen solcherart in ihrer Präsenz nachlassen. Immerhin ist sie im Hohlweg, der an diesen Waldstandort anschließt und der ein zum Teil stärker ausgebildetes kühl-feuchtes Mikroklima aufweist, in charakteristischen Dominanzanteilen vertreten. Zum anderen gibt SCHWAN (1995) eine anthropogene Beeinträchtigung für diesen Standort an. So liegt der Fallenstandort W 1 dieses in langjähriger Nutzung stehenden Wirtschaftswaldes unmittelbar am Waldrand, der sich durch das Fehlen eines randlichen Mantelsaumes auszeichnet. Weiter wird zum Beispiel zwischen W 1 und W 2 die Baumschicht auf einer kleinen Fläche vorwiegend von standortfremden Kiefern aufgebaut. Auch die Artenarmut der Krautschicht, die sich überwiegend aus weitverbreiteten Arten zusammensetzt, führt der Autor in diesem Zusammenhang an.
Aus dem am Fallenstandort W 3 fast ausschließlich die Bodenvegetation bildenden *Impatiens parviflora* bzw. *Galium odorata* schließt SCHWAN (1995) auf ein etwas feuchteres Mikroklima an dieser weiter im Waldesinneren gelegenen Fläche. In diesem Untersuchungsbereich tritt auch *Carabus auronitens* dominant auf, der, wie bereits erwähnt, als Vertreter der kühlfeuchte Bedingungen präferierenden Artengruppe montaner Buchenwälder auch in der Ebene vorkommen und entsprechende Verhältnisse anzeigen kann. Er zeigt auch wieder im Bereich der anschließenden Hohlweghecke zum Teil höhere Dominanzanteile. Des weiteren ist der Waldrandstandort W 1 gegenüber W 2 und W 3 durch höhere Dominanzanteile von eurytopen und Offenlandarten gekennzeichnet, wie z. B. durch *Nebria brevicollis*, eine Art des Grenzbereiches von Wald und Hecken. Sie ist hier subdominant vertreten und erreicht im anschließenden Heckenbereich des Hohlweges zum Teil dominante und eudominante Anteile.
Die an diesen Buchenwald anschließende Hohlweghecke zeigt nun erwartungsgemäß einen starken Einfluß der Begleitarten an der Zönose. Die zum großen Teil aus eurytopen und Offenlandarten zusammengesetzte Gruppe erreicht nun regelmäßig dominante und eudominante Anteile. Dennoch läßt sich im Verlauf der Hecke von einem siedlungsnahen Bereich bis hin zum Wald die charakteristische Artengruppenverteilung eines kollin geprägten Waldstandortes erkennen. Dabei zeigt insbesondere der mittlere Teil mit dem am stärksten ausgeprägten Waldcharakter, also dem am stärksten durch kühl-feuchtes Mikroklima beeinflußten Bereiches, ein charakteristisches Auftreten der Artengruppe kolliner Buchenwälder, ein relativ diverses Bild der Gruppe der euryöken Waldarten, sowie geringere Anteile der Artengruppe montan/kolliner Buchenwälder und das stellenweise Vorkommen von *Carabus auronitens* als Vertreter aus der Artengruppe der montan geprägten Buchenwälder. Diese Bereiche der Hohlweghecke scheinen als Rückzugsbiotope einer charakteristischen Waldcarabidenfauna von besonderer Bedeutung zu sein. Abschließend sind in Abbildung 8 die Zönosen aller Standorte in einem Gradienten vom Heckenbiotop über die planaren bis hin zu kollin und montan gelegenen Wäldern zusammenfassend dargestellt.
Im Hinblick auf die geringen Fangzahlen und die kurzzeitige Beprobung von 3 mal 14 Tagen im März/April, Mai/Juni und August/September bei einer Exposition von je 5 Fallen in den Untersuchungen von LANG (1993), ergibt sich die Diskussion nach den Mindestanforderungen bei der Probennahme zur Erfassung einer Zönose. Ein direkter Vergleich dieser Studie mit anderen Standorten, die umfangreicher beprobt wurden, ist sicherlich nicht uneingeschränkt möglich. Jedoch spiegelt sich an diesen 4 Standorten das charakteristische Bild der Artenspektren bereits wider, und auch die Carabidenfauna in Weinheim (Mannheim) läßt sich gegenüber Karlsruhe als verarmt erkennen. SCHWAN (1995) erzielte relativ hohe Fangzahlen bei einer Beprobung von 6 Wochen ausschließlich im Frühjahr mit je 2 bzw. 3 Fallen, womit sich ebenfalls charakteristische Strukturen des Artenspektrums erkennen lassen. Eine umfangreichere Beprobung zur Gewinnung eines ausreichenden Probenmaterials, insbesondere auch im Herbst, ist jedoch zur Erfassung und Beurteilung einer Zönose erforderlich. So hält auch FRIEBE (1983) zur Mindestaufnahme des Bestandes in einem mitteleuropäischen Wald eine Probennahme im Frühsommer (Mai/Juni) und im Herbst (September/Oktober) mit jeweils zweimal hintereinander im Monatsabstand genommener Probenserie als minimalen Standard für erforderlich. Ebenso gibt auch TRAUTNER (1992a) als Mindeststandard bei Untersuchungen zur Carabidenfauna eine Probennahme von 2-3 Fangperioden im Frühjahr (April-Juni) und 1-2 weitere im Spätsommer/Herbst (August-Oktober), bei jeweils ca. 14 Tagen Standdauer und jeweils 8-10 Fallen, an.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

7. Indikation von Belastungseinflüssen mittels der Laufkäferzönosen

7.1 Vergleich mit Indikatoren der Vegetation

Ausfall und Degradierung von Artengruppen an einem Standort kann nicht nur oder nicht immer als natürliche Besonderheit des Standorts, hervorgerufen etwa durch extreme Exposition und dadurch bedingte Abweichung des Mikroklimas, erklärt werden. Unter den gegebenen Verhältnissen in Mitteleuropa muß stets auch ein Einfluß von Störfaktoren in Betracht gezogen werden. Aus den Abbildungen 9 und 10 lassen sich an den Untersuchungsstandorten unterschiedliche Schadstoffeinflüsse anhand verschiedener untersuchter Parameter erkennen. So sind die Standorte Mannheim und das in dessen Beeinflussungsbereich gelegene Schriesheim, wie sich z. B. anhand der Flechtenindikation oder dem Prozentanteil der Arten mit reduzierter Vitalität in der Krautschicht zeigt, der höchsten Belastung ausgesetzt (Schadstufe 4). In Mannheim kommt ferner ein mit dem Begriff Freizeitdruck zu umschreibender Streßfaktor hinzu.

So ist die für Mannheim als charakteristisch zu erwartende Artengruppe der euryöken Waldarten stark verarmt. An vergleichbaren Standorten ist das Häufigkeitsverhältnis der Arten dieser Gruppe wesentlich ausgeglichener; so kommen dort die Arten *Carabus violaceus, Carabus coriaceus, Abax parallelepipedus, Carabus nemoralis* und *Carabus problematicus* in meist wesentlich höheren Fangzahlen und im Verhältnis zu *Pterostichus oblongopunctatus* in einem ausgeglicheneren Häufigkeitsverhältnis vor. Ein starkes Auftreten dieser euryöken Arten ist an solchen Standorten auch aufgrund ihres überwiegend warm-trocken orientierten Präferenzverhaltens zu erwarten. Insbesondere *Abax parallelepipedus* kommt an diesen Vergleichsstandorten in durchgängig höheren Fangzahlen zwischen 16 und 80 Individuen über einen Zeitraum von April bis September vor (LANG 1993, RIEGER 1995). Auch in den eigenen Untersuchungsflächen war er ja eine durchgängig häufige Art. In Mannheim wurden indes nur 4 Exemplare im gesamten Zeitraum von 2 Jahren gefangen. Statt dessen dominiert in Mannheim innerhalb dieser Artengruppe *Pterostichus oblongo-*

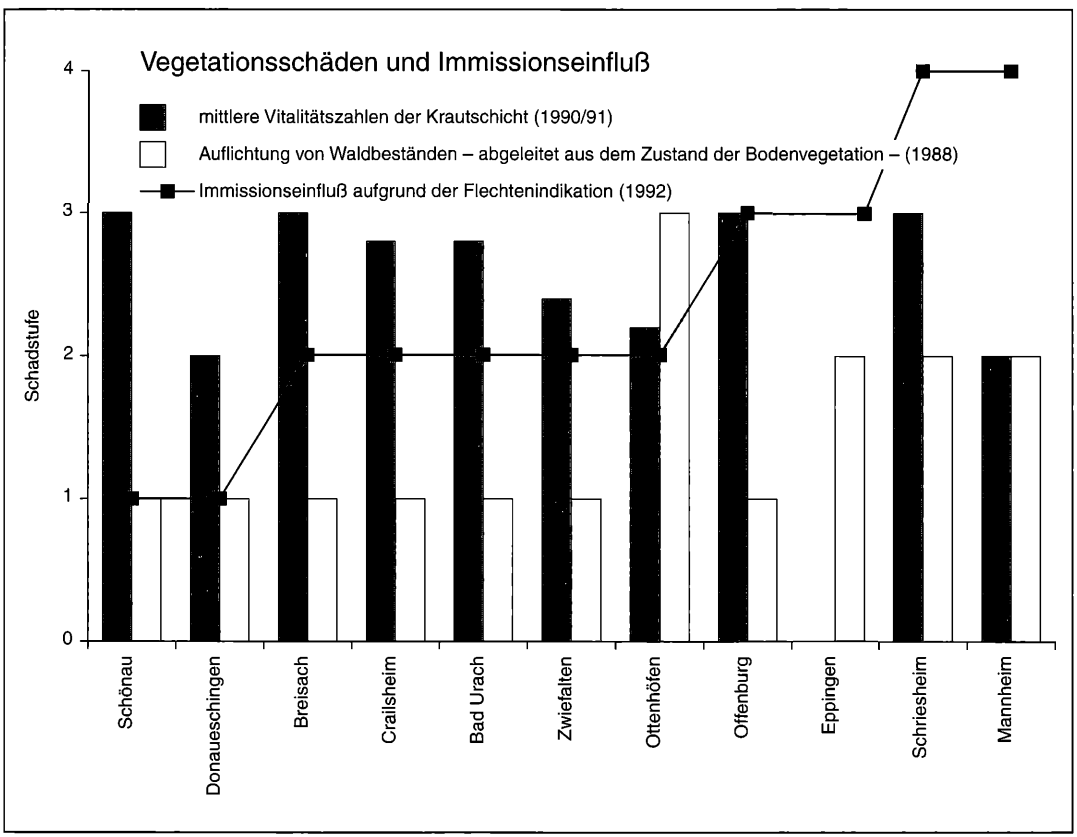


Abbildung 9. Schadstoffeinflüsse an den Untersuchungsstandorten nach Daten der Jahresberichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU 1989, 1993).

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

punctatus mit 47 Individuen (1993) gegenüber jeweils 1 Individuum der anderen Arten, bzw. mit 111 Individuen (1994) gegenüber 1 bis maximal 9 Individuen (*Carabus problematicus)* ganz extrem.

Neben der Degradierung dieser Artengruppe ist der Ausfall der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder zu verzeichnen. Hier muß jedoch auch berücksichtigt werden, daß die Präsenz dieser Gruppe im zunehmend warm-trockenen Gradienten generell schwächer wird. Insbesondere *Molops piceus*, der nach seinem Präferenzverhalten auf ein gewisses Feuchtigkeitsniveau angewiesen ist, ist an solchen Standorten wie Mannheim nicht mehr zu erwarten. Dies zeigen auch die Vergleichsstandorte in Kapitel 6. *Abax parallelus* dringt dagegen weiter in solche klimatischen Bereiche vor. Er ist an den Vergleichsstandorten sowohl bei LANG (1993) in einem zu den anderen Arten relativ hohen Anteil vorhanden – wenn auch nur sehr wenige Individuen insgesamt innerhalb des Probenzeitraums von 6 Wochen gefangen wurden -, als auch bei RIEGER (1995) zum Teil in subdominanten und somit charakteristischen Anteilen vertreten. Auch dort tritt er nicht an allen Standorten bzw. nur in Einzelexemplaren auf. Dennoch dürfte die Fangzahl von Mannheim mit 1 Exemplar innerhalb von zwei Jahren als ungewöhnlich niedrig einzustufen sein.

In Schriesheim zeigt sich eine Verarmung der Zönose durch den Ausfall charakteristischer Artengruppen, die innerhalb des Gruppengradienten zu erwarten wären. Dies wurde bei der Standortbeschreibung bereits ausgeführt und könnte ein Hinweis auf eine Schadstoffbelastung sein. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang das subrezedente Auftreten der eurytopen und auch in Offenlandbiotopen vorkommenden Arten *Nebria brevicollis* und *Notiophilus rufipes*, die sonst nur in Mannheim auftraten.

Nach den Abbildungen 9 und 10 fällt Ottenhöfen insgesamt durch die stärkste Auflichtung des Bestandes auf. Dies könnte einerseits durch Luftschadstoffe verursacht sein, andererseits hängt die Baumkronendichte aber auch von weiteren Umweltbedingungen ab. So ist sie auf nährstoffreichen bzw. armen Standorten sehr unterschiedlich, sie nimmt mit steigender Höhe über dem Meere, d.h. mit sinkenden Durchschnitts-

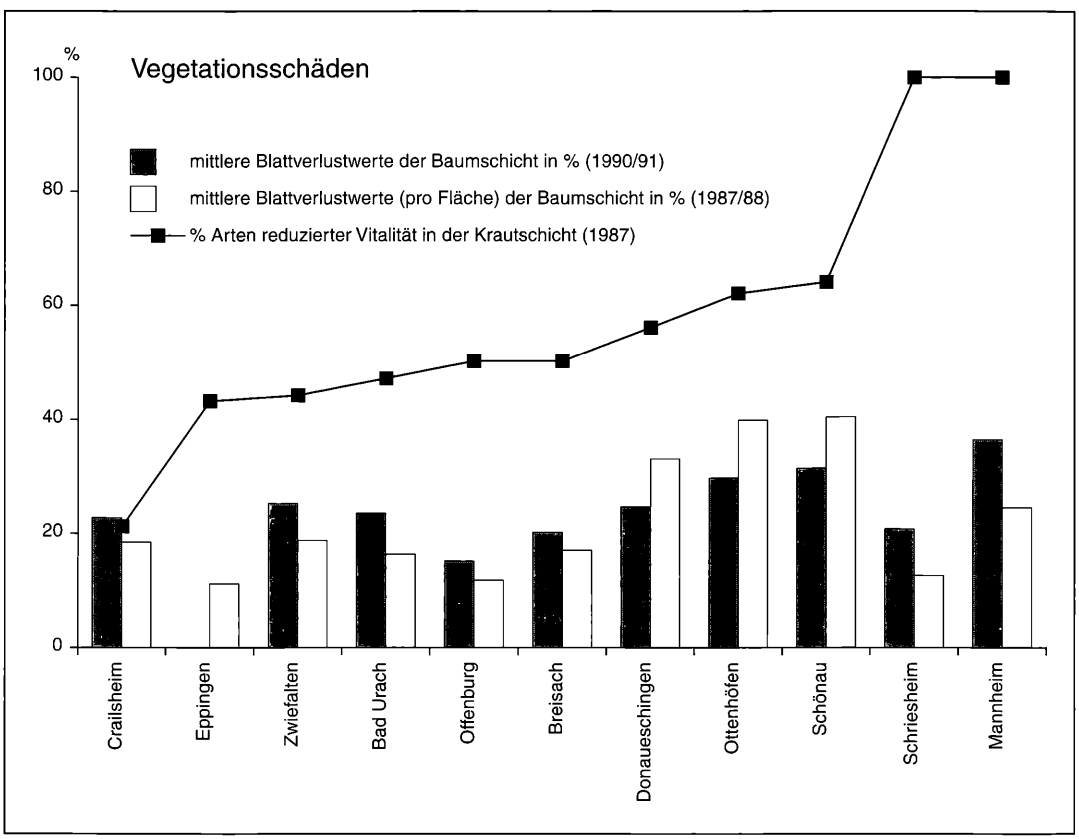


Abbildung 10. Schadstoffeinflüsse an den Untersuchungsstandorten nach Daten der Jahresberichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU 1988, 1989, 1993).

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 12. Dominanzen der Arten der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder.

	Breisach	Crailsheim	Ottenhöfen	Offenburg	Eppingen
Molops piceus	6,6	6,2	0,2	1,4	4,3
Abax parallelus	17,1	7,9	6,2	4,9	1,2
Summe	23,7	14,1	6,4	6,3	5,5

temperaturen, ab und spiegelt die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse verschiedener Jahre wider (ELLENBERG 1996). Der Auflichtungsgrad könnte neben der Süd-West Exposition eine Erklärung für den bereits angesprochenen diagnostizierten Wärmeeinfluß an diesem Standort sein, den das Auftreten der Artengruppe kollin geprägter Buchenwälder nahelegt.
Nach der Flechtenindikation weist Eppingen die zweithöchste Belastungsstufe auf. Im Vergleich mit den anderen kollinen Mullbuchenwäldern wie Crailsheim und Breisach liegen die Dominanzanteile der für diese Standorte charakteristischen Artengruppe der kollinen Buchenwälder am niedrigsten (Tab. 6). Andererseits treten hier aber auch Arten der Gruppe der montanen Buchenwälder auf und würden somit im Hinblick auf Konkurrenzverhältnisse einen Ausgleich zwischen den Gruppen und geringere Dominanzstufen verständlich machen.
Aber der Rückgang bei den Arten der Gruppe der kollinen Buchenwälder in Eppingen ist überproportional stark. So zeigt insbesondere *Abax parallelus* gegenüber Crailsheim und Breisach einen sehr niedrigen Wert. In Tabelle 12 sind die Dominanzanteile der beiden Arten dieser Gruppe von den Standorten zusammengestellt, für die diese Artengruppe charakterisierend ist.
Möglicherweise deutet sich hier eine Belastungssituation für Eppingen an. Andererseits könnte auch eine Art Übergangsstadium mit dem Anteil der kühl-feuchte Bedingungen anzeigenden Artengruppe montaner Buchenwälder, bzw. der für eher warm-trockene Verhältnisse stehenden Gruppe kolliner Buchenwälder, gegeben sein. Dies läßt sich nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht klären.
Offenburg, das zwar ähnliche Dominanzverhältnisse wie Eppingen im Vergleich zu den anderen kollinen Standorten zeigt, stellt dagegen von seiner Humusform her einen Übergang zu Moderbuchenwäldern dar. Diese Waldtypen sind gegenüber Mullbuchenwäldern im Hinblick auf die Makrofauna eher als verarmt zu beurteilen und insofern lassen sich die etwas geringeren Dominanzstufen der – häufig stenotopen – Arten der kollinen bzw. montanen Artengruppe der Buchenwälder, wie auch die Verhältnisse in Schluttenbach zeigen, eher als typischen Zustand verstehen. Mullbuchenwälder mit einem hohen Anteil an Gruppen der Makrofauna weisen für die überwiegend zoophagen Laufkäfer – insbesondere für die größeren Arten – günstige Nahrungsverhältnisse auf.

7.2 Indikation mit Hilfe des Diversitäts-Index

Als Maß für die Mannigfaltigkeit einer Biozönose kann die Diversität berechnet werden. Sie ermöglicht einen Vergleich der Standorte hinsichtlich ihres Artenreichtums und der Individuenverteilung. Dabei ist die Berechnung nach SHANNON & WEAVER (1949) die gebräuchlichste.
Die Diversität H_S wird berechnet nach der Formel:

$$H_S = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

Die Verwendung von Diversitätsindices für ökologische Fragestellungen wird von verschiedenen Seiten kritisch diskutiert. MÜLLER et al. (1975) führen die Eignung der Diversität als Hinweis auf eine anthropogene Belastungssituation auf. Die H_S-Werte in verschiedenen Wiesen- und Wald-Flächen im Raum Saarbrücken nahmen mit zunehmender Annäherung an den Verdichtungsraum ab.
Demgegenüber erwähnt BECKER (1977) nur eine geringe Erniedrigung der Diversität von Carabidenzönosen auf anthropogen beeinflußten Flächen gegenüber einem naturnahen Heidestandort. Er diskutiert die Frage kritisch, ob sich die Qualität von Lebensgemeinschaften allein aus Diversitätsberechnungen ableiten läßt und erwartet von den Artenspektren selbst bessere Hinweise auf die Qualität eines Standortes. Seiner Meinung nach kann eine unterschiedliche Diversität nur dann als Beurteilungskriterium dienen, wenn Langzeituntersuchungen auf einer Fläche unter sich wandelnden Umweltbedingungen vorliegen, nicht jedoch für den Vergleich unterschiedlicher Standorte. Die Offenlandstandorte in der Untersuchung von BECKER (1977) zeigen gegenüber den Waldflächen niedrigere H_S-Werte und werden hinsichtlich ihrer Carabidengesellschaften somit als unausgeglichen gegenüber den ökologisch reich gegliederten Waldstandorten beurteilt. Auch die Einförmigkeit der Carabidenzönosen des Wirtschaftsgrünlandes auf dem Flughafengelände Köln/Bonn werden von BECKER (1977) nicht als speziell anthropogen belastet angesehen, sondern vielmehr mit ihrer Herkunft aus der ursprünglichen Heidegesellschaft in Zusammenhang gebracht.
Beim Vergleich der Diversitätswerte in unseren Untersuchungsflächen zeigt Schönau den niedrigsten H_S-Wert, der Standort, der mit seiner Höhenlage von über 1200 m die klimatisch extremsten Bedingungen aufweist (Abb. 11). Die Diversität der als belastet diskutierten Flächen Schriesheim und Mannheim gehört zu der Gruppe von Standorten mit niedrigen Werten, zu der außer Schönau aber auch Breisach und Crailsheim gehören, für die sonst keinerlei Hinweise auf ei-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

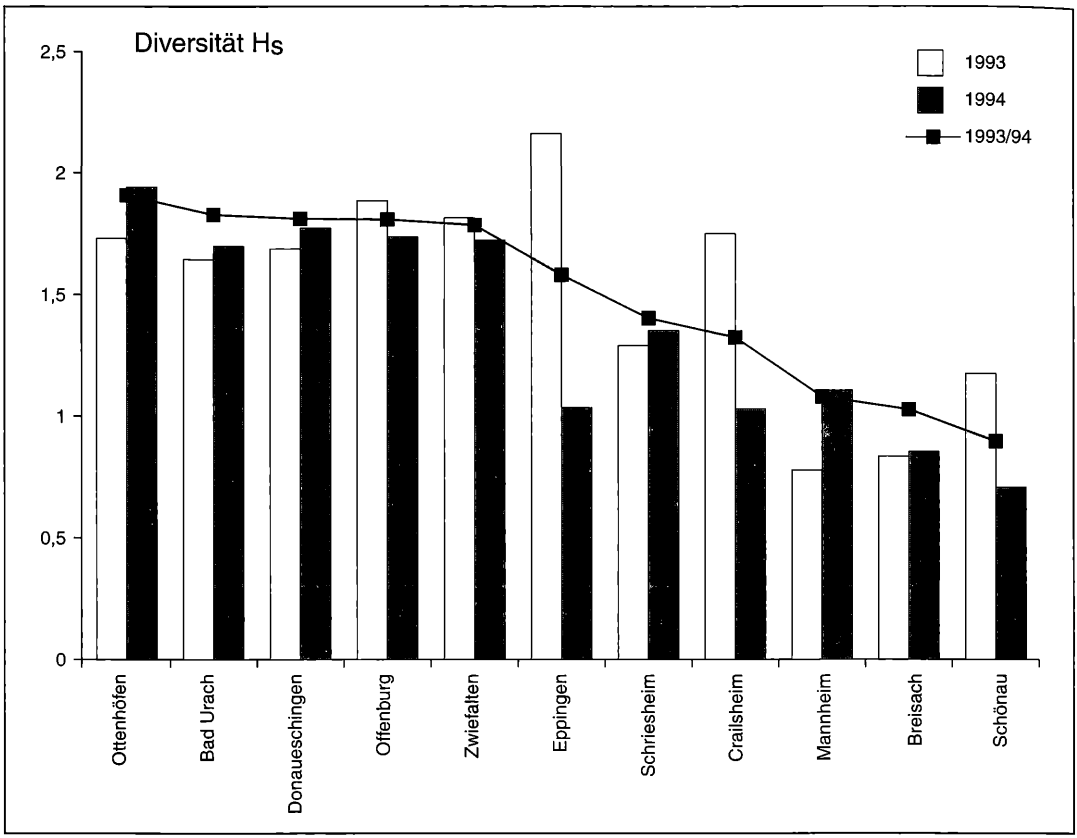


Abbildung 11. Diversität der Laufkäferzönosen an den Untersuchungsstandorten.

ne besondere Belastung vorliegen. Wir können damit die zitierte Meinung von BECKER bestätigen. Wir vermuten, daß sich unter sonst einigermaßen gleichmäßigen Umweltbedingungen in einem geographisch engen Gebiet unterschiedliche Einflüsse von Schadfaktoren auch im Diversitäts-Index ausdrücken können, ebenso wie langfristige Änderungen der Umweltbedingungen an einem Standort. Diversitäts-Indices dürften jedoch nicht geeignet sein, in Vergleichen über größere geographische Räume und über entsprechend verschiedene und sehr komplexe Standortbedingungen hinweg Belastungssituationen zu indizieren.

8. Schlußdiskussion

Die Artenerfassung und die darauf gründende wissenschaftliche Beurteilung des Zustands eines Standortes bilden die Grundlage für die Bewertung von Standorten. Hier werden die prinzipiell wertfreien Ergebnisse der wissenschaftlichen Analyse mit Hilfe gesellschaftlicher Maßstäbe gewertet und damit für den politischen Bedarf aufbereitet. KAULE (1991) schlägt ein allgemeines, von einer Tiergruppe unabhängiges, 9-stufiges Bewertungssystem vor, das Biotope vor allem nach Vorkommen und Artenvielfalt von für den Lebensraum typischen Arten und dem Anteil an seltenen oder gefährdeten Arten bewertet. Die Bewertung erfolgt weiterhin nach Alter bzw. Entwicklungsstadium, nach dem Nährstoffhaushalt (Trophie), der Größe und der inneren Strukturierung der Biotope. Demnach kommen auf ökologisch besonders bedeutenden Flächen Arten der Roten Liste in verschiedenen Gefährdungsstufen vor, oder sie sind durch regionaltypische und standortspezifische Arten charakterisiert. Weniger bedeutende, aber auch noch nicht extrem negativ zu bewertende Flächen, stellen den mittleren Bereich dar. Es sind Flächen, in denen nur noch wenig standortspezifische Arten vorkommen und die gebietsspezifische Fauna weitgehend durch Ubiquisten ersetzt ist, bzw. Standorte, in denen nur noch Arten eutropher Einheitsstandorte und ubiquistische Kulturfolger vorkommen. Die als sehr negativ zu bewertenden Flächen dieses Intensitätsgradienten zeichnen sich durch eine hohe Bela-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

stung oder Ruderalisierung aus und sind als artenarme Flächen nur für sehr wenige Ubiquisten nutzbar. Auch TRAUTNER (1992a) hält seltene oder gefährdete (Rote Liste), besonders anspruchsvolle, spezialisierte und für den betreffenden Biotop typische Arten für wertgebend in einem Ökosystem.

MOSSAKOWSKI & PAJE (1985) schlagen ein quantitatives Bewertungsverfahren von Raumeinheiten an Hand der Carabidenfauna vor, das aus der Gesamtheit der Arten eines Fanges einen Wert der entsprechenden Raumeinheit errechnet. Zur Berechnung dieses Wertes wird eine Punktbewertung der Arten durchgeführt. Als Grundlage werden dabei die Arten nach dem Vorkommen in bestimmten Biotopen, ihrer Individuendichte pro Vorkommen und ihren Biotopansprüchen bewertet. Für diese Parameter existieren verschiedene Klassen. So wird z. B. die Art als am stärksten bedroht angesehen, die nur an einem Ort mit minimaler Individuenzahl in einem extremen Lebensraum lebt. Die Zahlen der drei Parameter werden zu einem Gesamtwert der jeweiligen Art multipliziert. Der Wert dieser vorgegebenen und eines allgemeinen Konsens bedürfenden Artbewertung wird nun mit der klassifizierten Anzahl der aktuell gefundenen Individuen multipliziert und ergibt als Summe der Produkte aller Arten eines Fanges die Bewertungszahl der Fangstelle. Das Bewertungsspektrum der Biotope reicht in einer 4-Stufen Skala von hochgradig wertvoll bis nicht wertvoll. Die Vorteile des Verfahrens sehen die Autoren in der relativen Stabilität des Wertes, der breiten Einsetzbarkeit und der Nachvollziehbarkeit für Dritte.

Nach den Autoren wird die gemeinsame Berücksichtigung der Parameter, wie Vorkommen und Biotopansprüche, bei der Verrechnung als Effekt der erwünschten Relativierung der artspezifischen Dichteunterschiede gewertet. Dies ist ein kritisch diskutierter Punkt nach TRAUTNER (1992a), der die Verrechnung dieser Kennzahlen als problematisch – vor allem infolge zu starker Berücksichtigung von Fangzahlen und der Unterbewertung von Einzelvorkommen besonders bedeutsamer Arten – ansieht. Eine Bewertung eines Biotopes sollte, wie dies auch TRAUTNER (1992a) fordert, immer auch verbal begründet sein. Dies ergibt sich schon aus der komplexen Einschätzung des Vorkommens der Arten aufgrund der Literatur.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine Gesamtbewertung der Zönose mittels ihrer charakteristischen Artengruppen und damit des Standortes. Dabei setzt sich die Artengemeinschaft eines Standortes überwiegend aus euryöken und häufigen Arten zusammen. Diese sind weitgehend in Wäldern zu erwarten und erlauben so die Formulierung von Sollwerten und damit eine Einschätzung der meisten potentiell zu untersuchenden Flächen. Die mehr oder weniger vereinzelt auftretenden Begleitarten und Arten der Roten Liste können die Standorteinschätzung ergänzen und differenzieren.

Bei einer Bewertung allein nach seltenen oder bedrohten Arten spielt – kritisch betrachtet – neben der Regionalität der Verbreitung auch die Tatsache eine Rolle, daß Arten nicht in allen potentiellen Biotopen vorkommen müssen. Zu der Gesamtbewertung eines Standortes gehört deshalb unseres Erachtens vor allem die Einschätzung der Verhältnisse der häufigen bzw. dominanten Arten. An unseren Untersuchungsflächen werden die unterschiedlichen Ansätze im Hinblick auf die verschiedenen Fragestellungen für Artenschutzbelange einerseits bzw. andererseits der Belastungsindikation von Standorten deutlich. So kommt man bei Schriesheim und Mannheim zu unterschiedlichen Standortbewertungen, die sich kritisch diskutieren lassen. Diese Standorte weisen gegenüber der Mehrzahl der anderen Flächen relativ hohe Anteile an Arten mit Gefährdungsstufen nach der Roten Liste auf. Dies sind in Schriesheim der eurytope *Notiophilus rufipes* und die eurytopen Waldarten *Carabus silvestris* und *Carabus arvensis*. In Mannheim ist es ebenfalls *Notiophilus rufipes*, sowie die eurytope Feldart *Notiophilus aquaticus* und die eurytope Waldart *Carabus intricatus*. Demgegenüber sind Schriesheim und Mannheim nach der Beurteilung in Bezug auf ihre charakteristische Waldfauna durch den Ausfall von Artengruppen bzw. deren Degradierung eher als verarmt zu bewerten. Andere Standorte mit einem geringeren Anteil an Arten der Roten Liste weisen demgegenüber eine stärker ausgeprägte charakteristische Waldcarabidenfauna mit biotoptypischen und auch anspruchsvollen, stenotopen Arten auf. Hierbei wäre im allgemeinen auch zu prüfen, inwieweit solche Arten der Roten Liste an Standorten dauerhaft vorkommen oder möglicherweise nur zufällig oder nur ein Zwischenstadium in der Degradierung des Biotopes darstellen. Eine standorttypische Waldfauna sagt immer auch etwas über die Stabilität eines Lebensraumes aus.

9. Fazit

In ökologischen Untersuchungen stellen Laufkäfer eine häufig verwendete Tiergruppe dar. Sie sind hinsichtlich Biotopcharakterisierung und der Erfassung einer Belastungssituation von Lebensräumen gut geeignete Indikator- und Monitororganismen und werden bei Fragestellungen in den Bereichen Naturschutz und Landeskultur, anthropogenen Beeinträchtigungen oder bei der Prüfung von Pestiziden vielfach eingesetzt. Die Arten weisen ein diverses Verbreitungsbild auf, das gute Beurteilungsmöglichkeiten für Standorte liefert. So besitzen die einzelnen Arten teilweise sehr spezielle Ansprüche, die sie als Zeigerarten für bestimmte Habitatbedingungen herausstellen und Rückschlüsse auf die Lebensraumqualität zulassen. Sie sind in einem weiten Spektrum von Biotopen vorhanden und treten in ausreichend hohen Aktivitätsdichten

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

und genügendem Artenreichtum auf. Hinsichtlich Fang und Determination sind sie relativ gut zu handhaben. Beprobungszeitraum und -umfang zur ausreichenden Beurteilung eines Standortes sind in Kapitel 6 diskutiert und stehen für Carabiden in einem relativ guten und vertretbaren Verhältnis zu den Resultaten.
Der hier entwickelte Ansatz der Einteilung der Laufkäfer in Artengruppen steht im Gegensatz zu herkömmlichen Ansätzen, wonach Biotoptypen/Waldgesellschaften vorwiegend nach seltenen oder gefährdeten Arten beurteilt werden. Er verfolgt das Ziel, diese Standorte nach vorwiegend subdominant bis dominant vorkommenden Artengruppen anzusprechen. Dadurch wird auch bei relativ kurzfristigen Untersuchungen eine gut und leicht nachzuvollziehende Beurteilung aller Standorte ermöglicht. Die Realisierung bedarf allerdings einer Ausweitung der Datenbasis durch weitere Arbeiten im Gelände.

10. Literatur

BARBER, H. S. (1931): Traps for cave inhabiting Insects. – J. Elisha Mitchell sci. Soc., **46**: 259-266; Chapel Hill.

BECK, L. (1988): Bestandes- und Bodenklima eines Buchenwaldes im nördlichen Schwarzwaldvorland. – Carolinea, **46**: 141-144; Karlsruhe.

BECKER, J. (1975): Art und Ursachen der Habitatbindung von Bodenarthropoden (Carabidae (Coleoptera), Diplopoda, Isopoda) xerothermer Standorte. – Beitr. Landespflege Rheinl.-Pfalz, Beih., **4**: 89-140; Oppenheim.

BECKER, J. (1977): Die Carabiden des Flughafens Köln/Bonn als Bioindikatoren für die Belastung eines anthropogenen Ökosystems. – Decheniana, Beih. **20**: 1-9; Bonn.

BLUMENTHAL, C. L. (1981): Einheimische *Carabus*-Arten als Bioindikatoren. – Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal, **34**: 70-77; Wuppertal.

BONESS, M. (1953): Die Fauna der Wiesen unter besonderer Berücksichtigung der Mahd. – Z. Morph. Ökol. Tiere, **42**: 225-277; Berlin.

DUNGER, W., PETER, H.-U., TOBISCH, S. (1980): Eine Rasen-Wald-Catena im Leutratal bei Jena als pedozoologisches Untersuchungsgebiet und ihre Laufkäferfauna (Coleoptera, Carabidae). – Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz, **53** (2): 1-78; Görlitz.

ELLENBERG, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobotanica, **9**: 97 S.; Göttingen.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – 5. Aufl., 1095 S.; Stuttgart (Eugen Ulmer).

EYRE, M. D. & LUFF, M. L. (1990): The ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages of British grasslands. – Entom. Gaz., **41**: 197-208; London.

FREUDE, H., HARDE, K. W. & LOHSE, G. A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas. Band 2, Adephaga 1. – 302 S.; Krefeld (Goecke & Evers).

FRIEBE, B. (1983): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 3. Die Käferfauna. – Carolinea, **41**: 45-80; Karlsruhe.

FUCHS, G. (1969): Die ökologische Bedeutung der Wallhecken in der Agrarlandschaft Nordwestdeutschlands, am Beispiel der Käfer. – Pedobiologia, **9**: 432-458; Jena.

GEILER, H. & BELLMANN, C. (1974): Zur Aktivität und Dispersion der Carabiden in Fichtenforsten des Tharandter Waldes (Coleoptera, Carabidae). – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden, **5**: 1-71; Dresden.

HEYDEMANN, B. (1956): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. – Verh. Dtsch. Zool. Ges., Hamburg 1956: 332-347; Leipzig.

HEYDEMANN, B. (1964): Die Carabiden der Kulturbiotope von Binnenland und Nordseeküste – ein ökologischer Vergleich (Coleopt., Carabidae). – Zool. Anz., **172** (1): 49-86; Jena.

HORION, A. (1941): Faunistik der deutschen Käfer. Band 1: Adephaga – Caraboidea. – 464 S.; Krefeld (Goecke & Evers).

KAULE, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. – 2. Aufl., 519 S.; Stuttgart (Eugen Ulmer).

KOCH, K. (1989): Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie. Band 1. 440 S.; Krefeld (Goecke & Evers).

KRAUSE, R. (1974): Die Laufkäfer der Sächsischen Schweiz, ihre Phänologie, Ökologie und Vergesellschaftung I. (Coleoptera, Cicindelidae, Carabidae). – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden, **5**: 73-179; Leipzig.

LANG, W. (1993): Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Käferfauna von 31 Walddauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg aus dem Jahr 1993. – 30 S.; Ökol. Gutachten, Waiblingen.

LARSSON, S. G. (1939): Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänischen Carabiden. – Entomol. Medd., **20**: 277-560; København.

LAUTERBACH, A. W. (1964): Verbreitungs- und aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in sauerländischen Wäldern. – Abh. Landesmus. Naturk. Münster, **26** (4): 103 S.; Münster.

LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1988): Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. Jahresbericht 1987 – 240 S.; Karlsruhe.

LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1989): Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. Jahresbericht 1988. – 154 S.; Karlsruhe.

LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1993): Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. Jahresbericht 1990/91 – Band 1: 144 S., Band 2: 152 S.; Karlsruhe.

LINDROTH, C. H. (1945/1949): Die fennoskandischen Carabidae. Eine tiergeographische Studie. I. und III. Teil. – Göteborgs Kungl. Vet. Vitt. Samh. Handl., Ser. B, **4** (1): 1-709 und **4** (3): 1-911; Göteborg.

LUFF, M. L., EYRE, M. D. & RUSHTON, S. P. (1989): Classification and ordination of habitats of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in north-east England. – J. Biogeogr., **16**: 121-130; Oxford.

MARTIUS, C. (1986): Die Laufkäferfauna (Coleoptera: Carabidae) eines Kalkbuchenwaldes. – Drosera, '86 (1): 1-11; Oldenburg.

MOSSAKOWSKI, D. & PAJE, F. (1985): Ein Bewertungsverfahren von Raumeinheiten an Hand der Carabidenbestände. Verh. Ges. Ökol. (Bremen 1983), **13**: 747-750; Göttingen.

MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. – 3. Aufl., 512 S.; Heidelberg (Quelle & Meyer).

MÜLLER, P., KLOMANN, U., NAGEL, P., REIS, H. & SCHÄFER, A. (1975): Indikatorwert unterschiedlicher biotischer Diversität im Verdichtungsraum von Saarbrücken. – Verh. Ges. Ökol. (Erlangen 1974), **3**: 113-128; The Hague.

PAARMANN, W. (1966): Vergleichende Untersuchungen über die Bindung zweier Carabidenarten (*P. angustatus* und *P. oblongopunctatus*) an ihre verschiedenen Lebensräume. – Z. wiss. Zool., **174**: 85-176; Leipzig.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

POSPISCHIL, R. (1981): Die Entwicklung der Käferfauna des Naturschutzgebietes „Im Hölken" von 1958 bis 1977 und die Bedeutung einiger Käferarten als Bioindikatoren. Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal, **34**: 78-91; Wuppertal.

RABELER, W. (1962): Die Tiergesellschaften von Laubwäldern (Querco-Fagetea) im oberen und mittleren Wesergebiet. – Mittl. flor.-soz. Arbeitsgem., **9**: 200-229; Stolzenau/Weser.

RABELER, W. (1969): Zur Kenntnis der nordwestdeutschen Eichen-Birkenwaldfauna. – Schr.- Reihe f. Vegetationskunde, **4**: 131-154; Bad Godesberg.

REITTER, E. (1908): Fauna Germanica. Die Käfer des Deutschen Reiches. I. Band. – 248 S.; Stuttgart (K. G. Lutz).

RIEGER, M. (1995): Laufkäfergesellschaften im Hardtwald nördlich von Karlsruhe (Coleoptera, Carabidae). – 88 S.; Zulassungsarb. 1. Staatsexamen, Universität Karlsruhe.

RÖMBKE, J., BECK, L., FÖRSTER, B., SCHEURIG, M. & HORAK, F. (1994): Bericht zur Literaturstudie: Bodenfauna und Umwelt, Band 1 und 2 – 423 S.; Bericht für die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Flörsheim am Main (ECT Oekotoxikologie GmbH).

RÖMBKE, J., BECK, L., FÖRSTER, B., FRÜND, H-C., HORAK, F., RUF, A., ROSCICZWESKI, C., SCHEURIG, M. & WOAS, S. (1996): Fortführung der Literaturstudie: Bodenfauna und Umwelt. Bericht für die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Band 1 und 2 – 383 S.; Flörsheim (ECT Oekotoxikologie GmbH).

ROTH, M., FUNKE, W., GÜNL, W. & STRAUB, S. (1983): Die Käfergesellschaften mitteleuropäischer Wälder. – Verh. Ges. Ökol.(Mainz 1981), **10**: 35-50; Göttingen.

ROTH, M. (1985): Die Coleopteren im Ökosystem „Fichtenforst" 1. Ökologische Untersuchungen. – Zool. Beitr. N.F., **29**: 227-294; Berlin.

SCHWAN, B. (1995): Eine Hohlweg-Baumhecke als Korridorbiotop für Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae). – 108 S.; Diplomarbeit; Universität Karlsruhe.

THIELE, H.-U. (1964a): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. – Z. Morph. Ökol. Tiere, **53**: 387-452; Berlin.

THIELE, H.-U. (1964b): Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Coleopteren einer Heckenlandschaft. – Z. Morph. Ökol. Tiere, **53**: 537-586; Berlin.

THIELE, H.-U. (1977): Carabid Beetles in their Environments. A Study on Habitat Selection by Adaptations in Physiology and Behaviour. – 369 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

THIELE, H.-U. & KOLBE, W. (1962): Beziehungen zwischen bodenbewohnenden Käfern und Pflanzengesellschaften in Wäldern. – Pedobiologia, **1**: 157-173; Jena.

TRAUTNER, J., GEIGENMÜLLER, K. & DIEHL, B. (1984): Laufkäfer. – 2. Aufl., 118 S.; Hamburg (Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung).

TRAUTNER, J. (1992a): Laufkäfer, Methoden der Bestandesaufnahme und Hinweise für die Auswertung bei Naturschutz- und Eingriffsplanungen. – In: TRAUTNER, J. (Hrsg.): Arten- und Biotopschutz in der Planung; Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. BVDL-Tagung Bad Wurzach 1991: 145-162; Weikersheim.

TRAUTNER, J. (1992b): Rote Liste der in Baden-Württemberg gefährdeten Laufkäfer (Col., Carabidae s. lat.). – Ökologie & Naturschutz, **4**: 72 S.; Weikersheim.

TIETZE, F. (1973a): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera – Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR. I. Teil: Die Carabiden der untersuchten Lebensorte. – Hercynia N.F., **10** (1): 3-76; Leipzig.

TIETZE, F. (1973b): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera – Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR. II. Teil: Die diagnostisch wichtigen Carabidenarten des untersuchten Grünlandes und ihre Verbreitungsschwerpunkte. – Hercynia N.F., **10** (2): 111-126; Leipzig.

TIETZE, F. (1973c): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera – Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR. III. Teil: Die diagnostisch wichtigen Artengruppen des untersuchten Grünlandes. – Hercynia, N.F., **10** (3): 243-263; Leipzig.

TIETZE, F. (1973d): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera – Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR. IV. Teil: Ökofaunistische und autökologische Aspekte der Besiedlung des Grünlandes durch Carabiden. – Hercynia N.F., **10** (4): 337-365; Leipzig.

TIETZE, F. (1974): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera – Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR. V. Teil (Schluß): Zur Phänologie der Carabiden des untersuchten Grünlandes. – Hercynia N.F., **11**: 47- 68; Leipzig.

TURIN, H., ALDERS, K., DEN BOER, P. J., VAN ESSEN, S., HEIJERMAN, TH., LAANE, W. & PENTERMAN, E. (1991): Ecological Characterization of Carabid Species (Coleoptera, Carabidae) in the Netherlands from thirty years of pitfall sampling. – Tijdschrift voor Entomologie, **134**: 279-304; Amsterdam.

URBAN, D., BECKER-RICHTER, M., BRUNS, T., HERZOG, R. & NEUHAUS, H.-W. (1992): Systematische Statistik für die computergestützte Datenanalyse. Ein Handbuch zum Programm-Paket Systat. – 453 S.; Stuttgart (Gustav Fischer).

VOGEL, H. (1981): Untersuchungen zur Arthropodenfauna in Weinbergen der Rheinpfalz unter besonderer Berücksichtigung der Carabiden (Coleoptera). – 170 S.; Diplomarbeit, Universität Bonn.

VOGEL, J. & KROST, P. (1990): Zur Carabidenfauna pedologisch und floristisch unterschiedener Waldbiotope in Schleswig-Holstein. – Faun.-Ökol. Mitt., **6**: 87-94; Kiel.

Anhang: Tabelle 1. Ökologisch-morphologische Charakterisierung von Carabidenarten nach [1]REITTER (1908), [2]LARSSON (1939), [3]HORION (1941), [4]LINDROTH (1945/1949), [5]HEYDEMANN (1964), [6]LAUTERBACH (1964), [7]THIELE (1964a), [8]PAARMANN (1966), [9]TIETZE (1973b), [10]GEILER & BELLMANN (1974), [11]KRAUSE (1974), [12]BECKER (1975), [13]FREUDE, HARDE & LOHSE (1976), [14]THIELE (1977), [15]KOCH (1989). Erläuterungen: Eingeklammert: bei Ansprüchen gegenüber Feuchtigkeit, Temperatur und Licht: größere Plastizität; bei Höhenverbreitung: besonders, aber nicht ausschließlich. Flugfähigkeit: – = nicht flugfähig, f = flugfähig. Fortpflanzungstyp: I = instabiler Fortpflanzungstyp, F = Frühjahrsfortpflanzung, H = Herbstfortpflanzung. Höhenverbreitung: m = montan, suba = subalpin, Eb = Ebene. [x]: eigene Angaben.

	Größe (mm)[13,1]	Größenklasse[5]	Schwankungsbreite gegenüber Umweltfaktoren/Biotopbindung[15]	Ansprüche an Feuchtigkeit	Ansprüche an Temperatur	Ansprüche an Licht	Flugfähigkeit[4,8,11,10]	Fortpflanzungstyp	Höhenverbreitung[13,15]	Biotop W = Wald F = Freiland W/F = Arten die sowohl Wald als auch Freiland besiedeln	
Abax parallelepipedus (PILLER & MITTERPACHER) 1783	16 - 21	4	eurytop	hygrophil[14], polystenohygr[7]	eurytherm[14], (mesoeurytherm)[7]	skotophil[14], oligostenophot[7]	– brachypter	I[14]		W	feuchte Wälder (bes. Fago-Querc. und Querco-Carp.), Waldränder, Lichtungen, Hecken[15]
Abax ovalis (DUFTSCHMID) 1812	11 - 15	4	stenotop	hygrophil[14], polystenohygr[7]	psychrophil[14], mesostenotherm[7]	skotophil[14], oligostenophot[7]	– brachypter	F[6,14,2]	(m)	W	feuchtkühle Wälder[15]
Abax parallelus (DUFTSCHMID) 1812	13 - 17	4	stenotop	hygrophil[14], polystenohygr[7]	eurytherm[14], (eurytherm)[7]	skotophil[14], oligoeuryphot[7]	brachypter	F[6,14,2,11]	(m)	W	feuchte Wälder (vor allem Fagetalia und Querco-Carpinetum), Waldränder, Gärten, Trockenhänge[15]
Amara aenea (DEGEER) 1774	6,5 - 8,5	3	eurytop	xerophil[15,13]	mesotherm[9]	euryphot[9], heliophil[15,13]	f makropter (VOGEL 1981)	F[2]		F[15]	Sandgebiete: Dünen, sandige Ufer, Heide, Sandgruben, trockene Felder und Ruderalflächen, Wiesen und Waldränder, Ziegeleien, Steinbrüche, Trocken- und Halbtrockenrasen, unter Laub, Moos, faulenden Vegetabilien und Stroh, in Genist, auf Gräsern und Getreide[15]
Amara convexior STEPHENS 1828	7 - 9	3	eurytop	xerophil[15]							Trockenhänge, Trocken- und Halbtrockenrasen, trockene Wiesen, Flußauen und Ruderalflächen, Ziegeleien, Heide, Dünen, unter Grasbüscheln und Laub, in Genist, auf Gräsern[15]
Amara eurynota (PANZER) 1797	9 - 13	4	eurytop	xerophil[15], euryhygr (VOGEL 1981)	thermophil (VOGEL 1981)		f makropter (VOGEL 1981)	F[9]		F	sandige Ufer, Dünen, Trockenhänge, Halbtrockenrasen, Heide, Kiesgruben, Steinbrüche, Lößhänge, trockene Feldraine, Getreidefelder[15], bevorzugt leichte Böden und Ruderalstellen[13]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Amara ovata (FABRICIUS) 1792	9 - 11	3	eurytop	xerophil[15]			f (VOGEL 1981) makropter (ebda)	F[2]		F	Trockenhänge, Wärmehänge, trockene Äcker, Ruderalflächen, Waldränder und Lichtungen, Heide, Steinbrüche[15]
Amara sabulosa SERVILLE 1821 subgen. *Leiocnemis*	6 - 8	3	eurytop		thermophil[15]						Wärmehänge, Kalktriften, Halbtrockenrasen, Steinbrüche, Trockenhänge, sandige Wiesen[15]
Asaphidion flavipes (LINNÈ) 1761	3,9 - 5,4	2	eurytop	xerophil[15], euryhygr[14]	eurytherm[14]	euryphot[14]		F[14,2,13]		F	lehmige Äcker, Lehmgruben, sandig-schlammige Ufer, Steilufer, Sandgruben, Steinbrüche, Gärten, nicht an Ufer gebunden, phytodetriticol[15]
Bembidion lampros (HERBST) 1784	3 - 4	2	eurytop	euryhygr[9]	mesotherm[9]	skotophil[9]	f dimorph	F[2,14]		F	Äcker (bes. Kartoffel- und Rübenfelder), Ruderalflächen, Gärten, Waldränder, Heide, Trockenrasen, montan: Wälder, meidet sandige und steinige Ufer von Flüssen und Seen, phytodetriticol, campicol[15]
Broscus cephalotes (LINNÈ) 1758	17 - 22	5	eurytop	xerophil[14], oligo-euryhygr[7]	thermophil[14], polysteno-therm[7]	skotophil[14], (oligosteno-phot)[7]		H[13]		F	sterile Böden in Ziegeleien, Kies- und Sandgruben, Lößhänge, tonige Sandbänke, trockene sandige Felder und Ruderalflächen, litoral: Sandstrände, auf sterilem, besonntem Boden, terricol, in ca. 15 cm tiefen Gängen[15]
Calathus fuscipes (GOEZE) 1777	9 - 14	4	eurytop	xerophil[14], oligo-stenohygr[7]	eurytherm[14]	skotophil[14], (oligo euryphot)[7]	brachypter[13]	H[14]	bis in alpine Lagen aufsteigend	F	vor allem auf sandigen oder kalkhaltigen kultivierten Böden: sandige oder sandig-lehmige Äcker und Ruderalflächen, Heide, sandige Flußauen, Sand- und Kiesgruben, trockene Waldränder, Trockenhänge, in offenem Gelände, carnivor[15]
Calathus micropterus (DUFTSCHMID) 1812	6 - 9	3	eurytop	schwach xerophil[15]		schattenlie-bend[13]	brachypter		Eb bis Hoch-gebirge	W[15,13]	Heide, Dünen, Kiefernwälder, Moore feuchte Lichtungen und lichte Waldränder, Hessen: feuchte Wälder, Bayern: lichte Fichtenwälder, alpin: obere Waldregion, Krummholzregion[15]
Carabus auratus LINNÈ 1761	17 - 30	5	eurytop	euryhygr[14]	thermophil[14], poly-stenotherm[7]	euryphot[14]	– brachypter (VOGEL 1981)	F[2,14]	niedrige bis mittlere Lagen	F	lehmige Äcker, trockene Flußauen, trockene Waldränder und Gehölze, Kalktriften, Trockenhänge, trockene Wiesen, meidet reine Sandböden[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Carabus auronitens FABRICIUS 1792	18 - 34	5	eurytop	hygrophil[15]			brachypter	F[6,14,11]	m	W	feuchte Laub- und Mischwälder des Hügellandes und der Gebirge, vor allem Buchenwälder (Fagetalia), Hannover (Nadelwälder), Hessen (Fichtenwälder), hochmontan auf Kahlschlägen[15]
Carabus coriaceus LINNÈ 1758	30 - 40	6	eurytop	xerophil[14]	thermophil[14]	skotophil[14]	– brachypter (VOGEL 1981)	H[2,14]		eu[14] (W)[15] W[8]	feuchte Laubwälder, Waldränder, Gärten, Hecken, Wiesen, Feldraine, Heide, Steinbrüche, Trockenhänge, Weinberge[15]
Carabus granulatus LINNÈ 1758	17 - 23	5	eurytop	xerophil[14,6], hygrophil[15], nicht an Feuchtigkeit gebunden, ungleichmäßiger Feuchtigkeitsanspruch (BLUMENTHAL 1981)	thermophil[14]	skotophil[14]	– brachypter	F[2,11,14]	nicht alpin, niedrige Lagen bis alpine Zone	eu[14,9] W[15] F[8]	feuchte Laubwälder, Auwälder, Bruchwälder, Feuchtwiesen, Flachmoore, nasse Felder, Hecken in Flußauen, Litoral: Deiche und Dünen[15], feuchte bis mäßig feuchte Wiesen, offene, verkrautete Talsohle, verkrautete Schlamm- und Sandband an Fließgewässerufer, Überwinterung in Baumstümpfen benachbarter Wälder[11]
Carabus arvensis HERBST 1784	16 - 22	4	eurytop	xerophil[14]	thermophil[14]	euryphot[14]	brachypter	F[2,14]		W	trockene Wälder, lichte Laub- und Mischwälder (vor allem *Quercus* und *Betula*), Kiefernheide, Gärten, Borstgrasrasen, Grasheide[15]
Carabus intricatus LINNÈ 1761	24 - 36	5	eurytop		thermophil[15]		brachypter		mittlere Höhenlage, selten über 1500 m	W	lichte Wälder, trockene Waldränder, Wärmehänge, sonnige Böschungen, im Westareal in Weinbergen[15]
Carabus irregularis FABRICIUS 1792	19 - 30	5	stenotop	hygrophil[15]			brachypter	F[14]	m - suba, von 300 m bis zur obersten Waldgrenze	W	feuchte Wälder, in Mittelgebirgen vor allem Nordhänge krautreicher Buchenwälder (Fagetalia), in Österreich: Waldgräben, Bachschluchten[15]
Carabus monilis FABRICIUS 1792	17 - 32	5	eurytop	euryhygr[14]	eurytherm[14], thermophil[15]	euryphot[14]			Eb - m		Flußauen, Auwälder, Wiesen in Bachtälern, sandige Felder, Kalktriften, auch in Gärten[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Carabus nemoralis MÜLLER 1764	18 - 28	5	eurytop	euryhygr[14], (euryhygr)[7]	eurytherm[14], (eurytherm)[7]	skotophil[14], oligostenophot[7]	brachypter	F[2,14,10]	Ebene - niedrige Gebirgslagen, nicht alpin	eu[14] W[8,15]	lichte Wälder, Auwälder, Hecken, Gärten, Waldränder, Heide, Wiesen, Ziegeleien, Trockenhänge[15]
Carabus problematicus HERBST 1786	20 - 30	5	eurytop	hygrophil[14], poly *stenohygr*[7]	thermophil[14], (poly-*eurytherm*)[7]	skotophil[14], oligo-*euryphot*[7]	brachypter	I, F[2] H[11,14] vielleicht nach Süden zu Herbstfortpfl.	Ebene - suba	W	Wälder, Hecken, in Hessen: nur Fichtenwälder, Westfalen: Heiden, hochmontan: Hochheide, Alpen: bis Zwergstrauchstufe[15]
Carabus silvestris PANZER 1796	17 - 25	5	eurytop				brachypter[x]	F[14]	m - suba	W	Wälder, Matten, in Sachsen: Fichtenwälder, Harz: Hochmoore, Alpen: bis zur Latschenzone, überwintert gesellig in Nadelholzstubben[15]
Carabus ullrichi GERMAR 1824	20 - 34	5	stenotop		thermophil[15,13]				niedrige bis mittlere Lagen	F[15]	lehmige Äcker und Ruderalflächen, Gärten auf Lehm oder Kalk, steppicol[15], auch bei Tage jagend, bevorzugt schwere Böden[13], bevorzugt schweren kalk- und lehmhaltigen Boden, meidet Sandboden[3]
Carabus violaceus LINNÉ 1758	22 - 35	5	eurytop	meidet Trockenheit[15]			brachypter	H[14,2,10]	Ebene - Hochgebirge		lichte Wälder, Auwiesen, offenes Gelände, meist im Wald, gelegentlich auch im offenen Gelände[15]
Cychrus attenuatus FABRICIUS 1792	11 - 17	4	eurytop, nach THIELE (1977) stenotop	hygrophil[14]	psychrophil[14]	skotophil[14]	brachypter	H[6,2]	m - suba (bis Baumgrenze)	W	Wälder, vor allem Buchenwälder (Fagetalia), Nadelwälder, Lichtungen, Ufer von Waldbächen[15]
Cychrus caraboides (LINNÉ) 1758	12,5 - 20	4	eurytop	hygrophil[15]			brachypter	H[14,2]	Ebene - alpin, (m - alpin)	W	feuchte Laubwälder, Waldlichtungen, Waldränder, Steinbrüche in Wäldern, in Alpen: Nadelwälder, Zwergstrauchzone[15]
Dromius agilis (FABRICIUS) 1787	5,2 - 7	2	eurytop				f makropter	F[13,2]		W[15]	Wälder, Heide, Flußauen, corticol, unter Rinde von Bäumen und trockenen Ästen, in Laub, Moos und Reisig[15], unter Rinde größerer Bäume[13]
Harpalus calceatus (DUFTSCHMID) 1812 subgen. *Pardileus*	10 - 15	4	eurytop	xerophil[15,13]				H[13]		F[15]	Heide, Sandküsten, Sandgruben, sandige Felder, Wärmehänge, Kalktriften, Weinberge, psammophil[15], Sandtier[13]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Harpalus distinguendus (Duftschmid) 1812	8 - 11,2	3	eurytop	xerophil[15], euryhygr[14]	thermophil[14]	euryphot[14]	f (Vogel 1981) *makropter* (ebda)	F[9]		F	lehmig-sandige Äcker und Ruderalflächen, Lehm- und Kiesgruben, Küsten, Heide, Dünen, Waldränder, Gärten, Pionierart auf Kippen[15]
Harpalus latus (Linnè) 1758	8 - 11	3	eurytop				f makropter	I, H[2] F[9,11]	geht bis in subalpine Höhen		lichte Wälder, Waldränder, Gehölze, Flußauen, Heide, Kiefernwälder, Moore, Sandgruben, sandig-lehmige Äcker und Weiden, Bachufer, Dünen, Trockenhänge, lichte Waldbestände und Sandböden[15]
Harpalus rufipes (De Geer) 1774 (*pubescens* Müller 1776)	11 - 16	4	eurytop	xerophil[14], oligo-stenohygr[7], oligohygr[9], *xerophil*[15]	thermophil[14], poly-eurytherm[7], polytherm[9]	skotophil[14], (oligosteno-phot)[7], oligo-phot[9]	f makropter	H[14]		F[14,15]	bevorzugt bebaute Böden, lehmige Äcker, Ruderalflächen und Gärten, Ziegeleien, Kiesgruben, sandige Ufer, trockene Waldränder, Trockenhänge, auch auf Müllhalden, campicol, Nahrung: omnivor, auch Samen von Getreide, Erdbeeren, Nadelhölzern[15], kulturfreundlich, bevorzugt Lehmboden, kann in Erdbeerkulturen schädlich werden, frißt Nüßchen von Beeren[13]
Licinus hoffmannseggi (Panzer) 1797	9 - 15	4	eurytop	hygrophil[15]					m - hoch-alpin		Wälder, Latschenzone, Grasheide, Schneedolinen, am Fuß von Felswänden, kalkhold[15]
Loricera pilicornis (Fabricius) 1775	6 - 8	3	eurytop	euryhygr[14,7,9], hygrophil[15]	psychrophil[14], (oligo-eurytherm)[7], oligotherm[9]	photophil[14], poly-euryphot[7], polyphot[9]	f makropter	F[2,14,10]		F[8,14]	feuchte Laubwälder, Auwälder, Waldränder, Hecken und Feldgehölze, Gärten auf Lehm, Ufer, Sümpfe, Moore, lehmige Flußauen, feuchte Äcker, phytodetriticol[15], liebt nassen, weichen Boden, auch in Mooren[13]
Molops elatus (Fabricius) 1801	12 - 18	4	stenotop	hygrophil[14], polyeuryhygr[7]	psychrophil[14], oligosteno-therm[7]	skotophil[14], oligosteno-phot[7]	brachypter[x]	F[6,14]	m	W	vor allem auf steinigen Böden, feuchte Laubwälder (besonders Fagetalia und Querco-Carpinetum), feuchte Waldränder, in Hessen: Hecken, steinige Weiden[15]
Molops piceus (Panzer) 1793	9 - 14	4	stenotop	hygrophil[14], polyeuryhygr[7]	psychrophil[14], oligo-eurytherm[7]	skotophil[14], oligosteno-phot[7]	– brachypter	F[6,14,11]	(m)	W	feuchte Laubwälder (vor allem Fagetalia und Querco-Carpinetum auf basenreichen Böden) und Waldränder, schattige Steinbrüche, Hecken[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Nebria brevicollis (FABRICIUS) 1792	10 - 13	4	eurytop	hygrophil[15], euryhygr[14], (meso-euryhygr)[7]	thermophil[14], (poly-eurytherm)[7]	skotophil[14], oligosteno-phot[7]	f makropter	H[2,14]	nicht alpin	eu[14] W[15,8]	humusreiche Laubwälder, Waldränder, feuchte Gehölze und Hecken, Flußauen, Gärten[15]
Nebria salina FAIRMAIRE 1854 (*degenerata* SCHAUFUSS 1862, *iberica* OLIVEIRA 1876)	9 - 12,5	4	eurytop	euryhygr[14], xerophil[15]	psychrophil[14]	skotophil[14]	– nach 4 in[14] makropter (ebda)	H[14]		F[14,15]	Sand- und Kiesgruben, Ziegeleien, trockene Waldränder, auch auf trockenen Getreidefeldern, Litoral: Küstendünen, halotolerant[15], auf sonnenexponiertem Sandboden, rezenter Einwanderer, im 19.Jhrdt. wahrscheinlich noch nicht in D zu finden[13]
Notiophilus aquaticus (LINNÉ) 1758	4 - 5,5	2	eurytop	hygrophil[15]			dimorph[13]		auch montan und alpin	F	Heide, Waldränder, trockene Torfe, Ziegeleien, Kiesgruben, auch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, alpin: Matten, Grasheide, heliophil, praticol, phytodetriticol[15]
Notiophilus rufipes CURTIS 1829	4 - 5,5	2	eurytop		thermophil[15]		dimorph[13]	F[14]	nicht alpin		Heide, Dünen, anmoorige Böden, Wärmehänge, trockene Laubwälder (vor allem Fagetalia und Querco-Betuletum), sandige Flußauen[15]
Patrobus atrorufus (STROEM) 1768 (*excavatus* (PAYKULL)1790)	7 - 9,5	3	eurytop	hygrophil[14], poly-euryhygr[7], hygrophil[15]	thermophil[14], (poly-eurytherm)[7]	skotophil[14], oligosteno-phot[7]		H[2]	zum und im Gebirge seltener	eu (W)[15]	feuchte Auwälder, Bruchwälder, Parks, sumpfige und verschlammte Ufer, feuchte Feldgehölze und Gebüsche an Feldern, Hessen: feuchter Buchenwald (Fagetalia)[15], besonders in Auwäldern[13], an dauernd feuchten, vorwiegend offenen Stellen (Wiesen, verkrautete Flächen, lichter Laubwald, 21 Expl.), am häufigsten auf im Sommer stark verkrauteter Schlamm- und Sandbank (24 Expl.)[11]
Poecilus cupreus (LINNÉ) 1758 (*Pterostichus cupreus*)	9 - 13	4	eurytop	hygrophil[15], xerophil[14], oligosteno-hygr[7]	thermophil[14], polysteno-therm[7]	euryphot[14]	f makropter	F[2,14,13]	nicht im hohen Gebirge	F	vor allem auf bebauten Böden, lehmige Feuchtwiesen und Flußauen, Lehmgruben, Ziegeleien, lehmige Äcker (vor allem mit Halmfrüchten) und Ruderalflächen, feuchte Waldränder, Salzwiesen, im SW-Areal: Trockenhänge, campicol[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Poecilus versicolor (STURM) 1824 (*Poecilus/Pterostichus coerulescens* auct. nec LINNÉ)	8 - 11,5	3	eurytop	euryhygr[14]	thermophil[14]	euryphot[14]	f makropter	F[2,14,13]	auch im Gebirge	F	lehmig-sandige Wiesen und Flußauen, Salzwiesen: lehmig-sandige Äcker (besonders Raps) und Ruderalflächen, Ziegeleien, Steinbrüche, Heide, eurytope Wiesenart, praticol, heliophil[15]
Pterostichus angustatus (DUFTSCHMID) 1812 (*quadrifoveolatus* LETZNER 1852)	8 - 11	3	eurytop	xerophil[14,15,8]	eurytherm[14]	skotophil[14,8]	f makropter	H[2] F[14,11,8]		F[8] W[15,14]	lichte Wälder: trockene Lichtungen und Brandstellen, lichte Kiefernwälder, Heide, trockene Wiesen, Lehmgruben, Wärmehänge[15], mit Kiefer wiederaufgeforstete Brandfläche, also freie Fläche mit starker Sonneneinstrahlung[11], nur auf Fichtenkahlschlag, nicht in Waldbiotopen[6], Lichtungsart, meidet den Wald, besiedelt auf einer Lichtung nur die wärmsten und trockensten Stellen[8]
Pterostichus aethiops (PANZER) 1797	11,5 - 15	4	eurytop	hygrophil[15]			brachypter		m - alpin	W[15]	feuchte Laub- und Mischwälder, Ufer von Waldbächen, hochmontan: Kahlschläge[15]
Pterostichus burmeisteri HEER 1841 (*metallicus* (FABRICIUS) 1792)	12 - 14,5	4	eurytop, nach THIELE (1977) stenotop	hygrophil[14]	psychrophil[14]	skotophil[14]	– brachypter	F[6,14,11,2]	m - suba, fehlt der Tiefebene	W	Wälder (vor allem Fagetalia sowie Laubwälder auf Kalk und Mergel), Waldränder, hochmontan: Kahlschläge[15]
Pterostichus cristatus (DUFOUR) 1820	13 - 16	4	eurytop	hygrophil[14], polystenohygr[7], hygrophil[15]	eurytherm[14], (mesoeurytherm)[7]	skotophil[14], oligoeuryphot[7]		H[2,14]	m, m in W.- und dem westl. M.E., fehlt der Tiefebene	W[15,8]	steinige Wälder, feuchte Waldränder, Gehölze, Feldhecken, Bachufer, Nahrung: Würmer[15]
Pterostichus madidus (FABRICIUS) 1775	13 - 18	4	eurytop	hygrophil[14], (polystenohygr)[7]	eurytherm[14], mesoeurytherm[7]	euryphot[14]	brachypter[x]	H[6,14]			Laubwälder (besonders Fagetalia und Querco-Carpinetum), Waldränder, Flußauen, trockene Felder und Ruderalflächen, Trockenhänge, Steinbrüche, Ziegeleien, Nahrung: auch Samen von *Fragaria* und junge *Beta*-Pflanzen[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Pterostichus melanarius (ILLIGER) 1798 (*Pterostichus vulgaris* auct. nec LINNÈ)	13 - 17	4	eurytop	hygrophil[14], (poly-stenohygr)[7]	eurytherm[14], meso-eurytherm[7]	skotophil[14], (oligo-euryphot)[7]	dimorph meist unge-flügelt	H[2,14,11,13]		eu[14] F[8]	bevorzugt dichte Vegetation, lehmige Äcker, Flußauen, Wiesen, Waldränder, Hecken und Gärten, Ziegeleien, Kiesgruben, litoral: Spülsäume, Nahrung: Insekten-Larven und Raupen, auch Erdbeeren (*Fragaria*) u. Getreide, kulturbegünstigt[15]
Pterostichus niger (SCHALLER) 1783	15 - 21	4	eurytop	hygrophil[14], poly-stenohygr[7]	thermophil[14], (poly-eurytherm)[7]	skotophil[14], oligosteno-phot[7]	f makropter	H[2,14,13]		eu[14] (W)[15]	feuchte Laubwälder und Waldränder Feldgehölze, lehmige Gärten, beschattete Ufer, Ziegeleien, Litoral: Spülsäume, in Holstein: feuchte Felder und Wiesen, tote Torfe, Heide, in Hessen: lichte Nadelwälder[15]
Pterostichus oblongopunctatus (FABRICIUS) 1787	9 - 12	4	eurytop	xerophil[14,8], (oligo-euryhygr)[7]	eurytherm[14], (eurytherm)[7]	euryphot[14,8], (euryphot)[7]	makropter	F[14,2,11,8,10] H[6]		W	trockene bis mäßig feuchte Laub- und Mischwälder, Hecken, Feldgehölze, Heide, in Hessen: feuchte Wälder[15]
Pterostichus pumilio (DEJEAN) 1828	4,6 - 6	2	eurytop	hygrophil[15]			brachypter[x]		m - suba	W	feuchte Wälder, Waldmoore, an Quellrieseln, muscicol, unter Laub und in Moos, in *Sphagnum*[15]
Pterostichus strenuus (PANZER) 1797	5 - 7	2	eurytop eigenes Ermessen	hygrophil[15]			dimorph (VOGEL 1981)	F[2]			Ubiquist, vielfach phytodetriticol[15], in der Streu und im Moos feuchter Wälder[13], Naßwiesen-/eurytope Waldart (DUNGER et al. 1980), Buchenwald auf Kalk, Fichtenschonung[6], Kalkbuchenwald, Eichen-Hainbuchenwald, Fichtenwald, Trisetetum, Brometum, Feuchtgrünland, Flußmarsch/Ufer, Felder (RÖMBKE et al. 1994), Eichen-Hainbuchenwald (POSPISCHIL 1981)
Stomis pumicatus (PANZER) 1796	6,5 - 8,3	3	eurytop	hygrophil[14]	eurytherm[14]	skotophil[14]	– brachypter (VOGEL 1981)	F[2,14,13]		F	feuchte, lehmige Waldränder, Hecken und Gärten, lehmige Ufer, Flußauen und Äcker, Ziegeleien, phytodetriticol, auf lehmigem Boden, stellenweise ziemlich häufig, aber nicht überall vertreten, unter Grasbüscheln, Laub, Moos, faulenden Vegetabilien, in Genist, in *Talpa*-Nestern[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Synuchus nivalis (PANZER) 1797	6 - 9	3	eurytop	xerophil[15], hygrophil (DUNGER et al. 1980)	dimorph	H[2,11,13]	Ebene - Gebirge[9]	F[8,15]	Heide, Dünen, Sandgruben, Ziegeleien, trockene Waldränder und Lichtungen, sandige Gärten, Felder, Wiesen, Litoral: Sandstrände[15], bevorzugt offenes, mäßig beschattetes Gelände[13], Fettwiesenart (DUNGER et al. 1980), vorwiegend in Agrocoenosen, in Frischwiesen[9], mäßig feuchte bis feuchte Wiesen und stark verkrautete, feuchte, flache, schmale Talsohle[11], Fichtenkultur, Fichtenwald[10], Eichen-Hainbuchenwald[6], Lichtung[8]
Trechus obtusus ERICHSON 1837	3,5 - 4,5	2	eurytop	hygrophil[15]	dimorph[13]		m und in der Ebene	W[15]	in feuchten Laubwäldern und Flußauen, Sümpfe, feuchte beschattete Wiesen, hochmontan: Hochheide, Hessen: Hochmoore, Litoral: Spülsäume, unter Laub und Moos, in Detritus und *Sphagnum*[15], an feuchten, schattigen Orten[13]
Trechus quadristriatus (SCHRANK) 1781	3,5 - 4,5	2	eurytop		f makropter[13]	H[2,14,13]	Ebene - Gebirge	F	lehmige Äcker, feuchte Ruderalflächen, Gärten, Waldränder, Hecken, sonnige Ufer, Dünen, Höhlen (troglophil), vielfach synanthrop, phytodetriticol[15], mehr auf offenem, sonnigem Gelände (Äcker, Ödflächen, Stranddünen)[13]
Trichotichnus laevicollis (DUFTSCHMID) 1812	6,5 - 8,5	3	eurytop	hygrophil[15]			(m - alpin)	W[13]	Wälder (vor allem Fago-Quercetum und Querco-Carpinetum), Waldwiesen, Waldränder, in Grasbüscheln, Reisig und faulenden Vegetabilien, unter loser Rinde[15]
Trichotichnus nitens (HEER) 1838	7 - 8,5	3	eurytop	hygrophil[15]	dimorph[x]		(m - alpin), m im westl. M.E.	W	Wälder, Waldwiesen, Waldränder, in Grasbüscheln und faulenden Vegetabilien[15]

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: 54

Autor(en)/Author(s): Scheurig Michael, Hohner Wolfgang, Weick Dieter, Brechtel Fritz, Beck Ludwig

Artikel/Article: Laufkäferzönosen südwestdeutscher Wälder - Charakterisierung, Beurteilung und Bewertung von Standorten 91-138