

# Freilandforschung im Unterricht – Erforschung ökologischer Grundprinzipien am Beispiel von Laufkäfern verschiedener Lebensräume

Ein Unterrichtsvorschlag für die gymnasiale Oberstufe

Claudia Drees<sup>1</sup>

## **Kurzfassung**

*Ökologische Grundprinzipien sind ohne Beispiele oft schwer zu vermitteln. Ziel der in dieser Arbeit vorgestellten Unterrichtsreihe ist die Vermittlung ökologischer Grundprinzipien anhand einer Freilandstudie, die von Schülern selbst geplant und durchgeführt wird. Auf Basis von in unterschiedlichen Lebensräumen gefangenen und mit Hilfe eines speziell angefertigten Bestimmungsschlüssels bestimmten Laufkäfern können die Schülerinnen und Schüler zuvor aufgestellte Hypothesen zu folgenden ökologischen Fragestellungen prüfen: (1) Unterscheiden sich Lebensräume durch ihre Artenspektren? (2) Gibt es Unterschiede hinsichtlich bestimmter morphologischer Merkmale der betrachteten Arten? (3) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten dieser Merkmale und gewisser Eigenschaften der die Arten beherbergenden Lebensräume? Der Artikel enthält ausführliche methodisch-technische Hinweise zur Durchführung des Experimentes und zur Auswertung der Ergebnisse. Ebenso werden inhaltliche Informationen zu relevanten ökologischen Grundbegriffen, den untersuchten Lebensräumen und über die Gruppe der Laufkäfer gegeben. Die Ergebnisse einer Beispielstudie sind ebenfalls dargestellt.*

## **Keywords**

*Laufkäfer, Freilandexperiment, Ökologie, Grundbegriffe*

## **1 Einleitung**

Die Vermittlung ökologischer Grundprinzipien ist wegen der Komplexität und Verflochtenheit vieler Faktoren oftmals schwierig. Die vorgeschlagene Untersuchung, in der das Vorkommen ausgewählter Laufkäferarten in unterschiedlichen Lebensräumen und ihre Anpassungen an ihre Habitate analysiert werden, ermöglicht es, mit einfachen Mitteln Grundprinzipien der Ökologie praktisch zu erschließen. Je nach Schwerpunktsetzung in der Auswertung können unterschiedliche Aspekte wie Euryökie und Stenökie, r- und K-Strategie, Konkurrenz, Störung oder auch Ausbreitung behandelt werden. Ebenso können

<sup>1</sup> Eingereicht am 21.11.05, angenommen am 19.12.06

Aspekte der modernen Naturschutzbiologie angesprochen werden.

Der Unterrichtsvorschlag wurde für die Gymnasiale Oberstufe erarbeitet und behandelt wesentliche Teile des für die Oberstufe geforderten Schwerpunktes Ökologie. Die Unterrichtseinheit hat einen Umfang von 8 bis 11 Doppelstunden.

## **2 Methodisch-didaktische Hinweise**

Der Unterrichtsvorschlag fügt sich in den im Curriculum für die gymnasiale Oberstufe geforderten Themenbereich bzw. Schwerpunkt Ökologie (z.B. MSWWF NRW 1999, NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM 1999) ein. Ein Großteil der für diesen Schwerpunktbereich geforderten Themen/Fachinhalte, wie z.B. Umweltfaktoren, ökologische Nische, Wechselbeziehungen, Populationsdynamik oder Verflechtungen in Lebensgemeinschaften (MSWWF NRW 1999, S. 29) wird im vorgeschlagenen Versuch behandelt und kann, je nach Schwerpunktsetzung, im Einzelnen besonders vertieft werden.

In der vorgeschlagenen Unterrichtseinheit werden die oben angesprochenen Fachinhalte wissenschaftspropädeutisch im Rahmen einer Freilanduntersuchung erarbeitet. Ausgehend von der Frage z.B. nach der Ausprägung ökologischer Faktoren in unterschiedlichen Lebensräumen kann die Lehrerin oder der Lehrer diese Untersuchung anregen. Ein anderer Ansatzpunkt könnte etwa der anthropogene Einfluss in der Kulturlandschaft sein. Wie gehen Tierarten mit den häufigen Störungen z.B. auf einem Acker um? Nach Vorstellung der experimentellen Möglichkeiten sollen die Schülerinnen und Schüler entsprechend dem deduktiv hypothetischen Vorgehen zunächst eine Hypothese aufstellen und anschließend den Versuch, seine Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse weitgehend selbstständig planen und ausführen. Dieses Vorgehen, in dem den Schülerinnen und Schülern der Prozess der Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse näher gebracht wird, entspricht einer wichtigen Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts (ESCHENHAGEN et al. 1998).

In der Untersuchung lernen die Schülerinnen und Schüler durch die notwendigen Exkursionen unterschiedliche Lebensräume in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft (neu) kennen und lernen, dass Landschaft nicht nur mehr oder weniger grüne Umgebung, sondern Lebensraum für verschiedene, speziell angepasste Tier- und Pflanzenarten ist (Lernen am Naturobjekt, BERCK 1999). Die Schülerinnen und Schüler werden so für Probleme sensibilisiert, die etwa eine

Versiegelung von Flächen oder die Fragmentierung bestimmter Lebensräume aus der Sicht des Naturschutzes mit sich bringt. Die als fächerübergreifende Aufgabe des Biologieunterrichtes in den Richtlinien geforderte Handlungsbereitschaft und –kompetenz für Probleme des Natur- und Umweltschutz (ESCHENHAGEN et al. 1998, MSWWF NRW 1999) werden so gefördert.

Mit dem Einsatz von Bodenfallen zum Fang der Laufkäfer lernen die Schülerinnen und Schüler eine entscheidende Methode zur qualitativen Erfassung der Fauna in verschiedenen Lebensräumen kennen. Die Bestimmung der scheinbar sehr ähnlichen Laufkäferarten erfordert genaues Hinsehen, das Beobachtungsvermögen der Schüler wird gestärkt und die Formenkenntnis erweitert. In der Untersuchung ist des weiteren exaktes wissenschaftliches Arbeiten gefordert, Geduld und Konzentration werden verlangt. Die Auswertung der Daten mit Hilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen wie Microsoft-Excel übt den Umgang mit der Software und demonstriert Anwendungsbereiche, die über die häusliche Nutzung hinausgehen. Die wissenschaftliche Denkweise der Hypothesenbildung bzw. der Entwicklung einer Fragestellung sowie der anschließenden Prüfung dieser Hypothese anhand der aufgenommenen Daten wird vermittelt und eingeübt (wissenschaftspropädeutisches Arbeiten). Die Anwendung einfacher statistischer Tests verdeutlicht die in der Ökologie übliche Vorgehensweise und ermöglicht zudem fächerübergreifendes Lernen.

Die Gruppenarbeit ist eine wesentliche Methode dieses Unterrichtsvorschlags. Hier wird die Teamfähigkeit der Schülerinnen und Schüler gefördert, ebenso aber auch eigenverantwortliches, selbstständiges Arbeiten (z.B. ESCHENHAGEN et al. 1998). Die Notwendigkeit der Verständigung über die Vorgehensweise bzw. über die Arbeitsfortschritte stärkt darüber hinaus die kommunikative Kompetenz der Lernenden (MSWWF NRW 1999). Die Vorstellung einzelner Theoriebausteine oder der Versuchsergebnisse in Form von Kurzreferaten durch die Schülerinnen und Schüler trägt ebenso zur Verbesserung der kommunikativen Kompetenzen bei. Schließlich können die Ergebnisse der Untersuchung in Form eines Protokolls festgehalten werden. Exakte Formulierungen und Benutzung der Fachterminologie werden hier geübt. (Weitere Erläuterungen aus der Sicht der Fachdidaktik vgl. z.B. BERCK 1999, ESCHENHAGEN et al. 1998).

## 3 Vorgehensweise im Unterricht

### 3.1 Rechtliche Voraussetzungen

Für die Durchführung der Untersuchung ist in jedem Fall die Einverständnis der Flächeneigentümer einzuholen. Zudem muss die zuständige Naturschutzbehörde (in Nordrhein-Westfalen z.B. die untere Naturschutzbehörde) über das Vorhaben in Kenntnis gesetzt werden. Die schulische Ausbildung und Lehre stellt einen im §41 BNatSchG geforderten vernünftigen Grund zum Fangen und Töten von Tieren dar, so dass die Tiere ohne besondere Genehmigung gefangen werden dürfen. Eine Ausnahme dieser generellen Regel bilden solche Arten, die nach §42 BNatSchG besonders geschützt sind. Diese werden in einer Anlage der (BArtSchV) Bundesartenschutzverordnung aufgeführt; für diese Untersuchung trifft dies auf Arten der Gattung *Carabus* und *Calosoma* zu. Für den Fang und das Töten von Arten dieser Gattungen ist deshalb eine besondere Genehmigung der zuständigen Naturschutzbehörde erforderlich. Im Antrag einer Fang-Genehmigung sollte hervorgehoben werden, dass sowohl *Carabus*- als auch *Calosoma*-Arten in der Regel aufgrund ihrer Größe bestimmt werden können, ohne abgetötet werden zu müssen.

#### Materialliste

##### Bodenfallen (pro Probestelle à 5 Fallen)

- 5 Plastikbecher, Durchmesser 8-15cm, Tiefe 10-15cm (Joghurtbecher o.ä.)
- 15 bis 20 Korkstückchen, jeweils etwa 2x2 cm groß (Baumarkt)
- 5 Markierungsstäbe (können auch aus Zweigen aus dem Wald gebrochen werden)
- 5 Drahtgitter, je 20x20 cm, Maschenweite ca. 1cm (Baumarkt)

##### Fallenkontrolle (pro Fallengruppe)

- 1 Plastikschüssel (oder Fotoschale) zum Sortieren des Falleninhaltes
- 1 bis 2 Tötungsgefäße (100ml PE-Flasche, gefüllt mit etwas Zellstoff, auf den einige Tropfen Ethylacetat geträufelt werden)
- Federstahlpinzetten

##### Bestimmung und weitere Arbeiten (pro Schülergruppe à 2 Schüler)

- 1 Binokular (optimal bis 20 fache Vergrößerung), evtl. auch Handlupe (10fach)
- Kopie des Bestimmungsschlüssels (Arbeitsblatt 1)
- Protokollbogen (ähnlich Tab. 1)
- Aufbewahrungsgefäße für die bestimmten Käfer (Schnappdeckelgläser oder Filmdosen)
- 250 ml Scherpeltz-Lsg.: 70% Alkohol (Brennspiritus), 25% Wasser, 5% Essigsäure
- Federstahlpinzette, andere feine Pinzette, Präpariernadel, Etiketten, Bleistift, Etiketten, Lineal oder Millimeterpapier, evtl. Schieblehre
- Zellstoff (Küchenpapier o.ä.) zum Trocken der Tiere
- evtl. Insektennadeln (Größe 1), Styroporplatte, Glaskopfnadeln, Etiketten zum Erstellen einer Sammlung

##### Auswertung der Daten

- PC (evtl. Beamer)

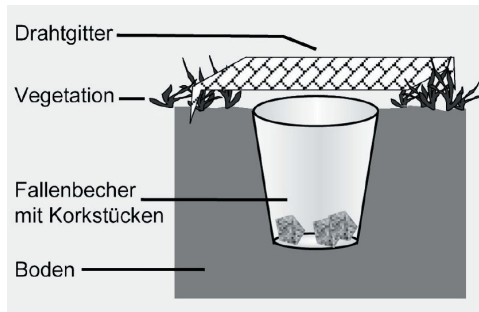
**Abb. 1:** Zusammenstellung der für den Versuch benötigten Materialien und Chemikalien.

Die Untersuchungsfläche sollte außerdem in jedem Fall außerhalb von Naturschutzgebieten liegen.

### 3.2 Auswahl der Probeflächen und Ausbringen der Bodenfallen

Im Untersuchungsgebiet, das aus organisatorischen Gründen möglichst nah am Schulgelände liegen sollte, sollten die Lebensraumtypen Wald und Acker, evtl. zusätzlich Wiese/Weide und Hecke möglichst eng benachbart vorkommen. Pro Lebensraum genügt es, vier bis fünf Bodenfallen auszubringen. Ein Abstand zwischen zwei Fallen von fünf bis acht Meter ist optimal. Die Fallen sollten in typischen, möglichst gleichförmigen Bereichen der jeweiligen Lebensräume installiert werden. Markierungsstäbe erleichtern das Auffinden der Fallen bei der späteren Kontrolle.

Eine Bodenfalle besteht aus einem Becher (z.B. Joghurtbecher oder ähnliches; vgl. Abb. 1), der ebenerdig in den Boden eingelassen wird (Abb. 2). Beim Ausbringen der Fallen ist darauf zu achten, dass der obere Rand der Fallenbecher direkt mit der umgebenden Oberfläche abschließt, da sonst gerade kleinere Arten mit geringerer



**Abb. 2:** Schematischer Aufbau einer Bodenfalle.

Wahrscheinlichkeit gefangen würden. Die Fallen sind Lebendfallen und werden mit kleinen Kork- oder Holzstückchen als Versteckmöglichkeit für die gefangenen Käfer versehen. Um den Fang von Kleinsäugetern oder Amphibien zu verhindern, müssen die Fallen mit Maschendraht (vgl. Abb. 1) bedeckt werden, der so befestigt wird, dass er etwa 1 cm oberhalb der Falle liegt (am besten durch Umbiegen der Ecken des Drahtgitters zu erreichen).

Um eine gute Überlebensfähigkeit der gefangenen Tiere sicher zu stellen, sollten die Lebendfallen im Abstand von zwei bis drei Tagen geleert werden. Im Experiment erwies sich bereits eine Fallenöffnungszeit von insgesamt sieben Tagen als ausreichend, um genügend Tiermaterial für die Auswertung zu bekommen. Für eine sinnvolle Auswertung der Daten sind mindestens 100 bis 150 Individuen notwendig. Bei anhaltend ungünstiger Witterung (niedrige Temperaturen im

Frühjahr, sehr trockenes Wetter im Spätsommer) während des Versuches kann die Fallenöffnungszeit auf 14 Tage verdoppelt werden. Die Monate April bis Juni und August bis Oktober eignen sich am besten als Untersuchungsmonate. Während dieser Zeit sind die meisten Laufkäferarten aktiv.

Das Ausbringen der Fallen erfolgt im Rahmen einer Exkursion gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern, die so die Gelegenheit bekommen, die beprobten Lebensräume in Augenschein zu nehmen. Der Lehrer sollte auf Auffälligkeiten im Gelände hinweisen, z.B. kleinräumige Unterschiede im Lebensraum (mit der Frage, ob sich diese auch in den Ergebnissen widerspiegeln könnten). Für eine spätere Ergebnispräsentation können die untersuchten Lebensräume sowie die verwendete Fangmethode fotografisch dokumentiert werden. Das Ausbringen der Fallen sollte möglichst von den Schülern selbst vorgenommen werden.

### **3.3 Kontrolle der Fallen und Konservieren der Fänge**

Es empfiehlt sich, die Schülerinnen und Schüler in Gruppen einzuteilen. Jede Gruppe ist für die Bearbeitung eines Lebensraumes und damit einer Fallengruppe zuständig. Zumindest die erste Fallenkontrolle sollte unter Anleitung erfolgen. Weitere Leerungen (bei einer Laufzeit des Versuchs von 6 bis 9 Tagen sind drei weitere Kontrollen erforderlich) können von den Gruppen allein durchgeführt werden.

Zur Kontrolle der Fallen wird der Inhalt des Fallenbeckers in eine größere Plastikschale (Fotoschale oder ähnliches) entleert. Alle Laufkäfer werden zügig mit Hilfe einer Federstahlpinzette in ein Tötungsgefäß (vgl. Abb. 1) überführt (Vorsicht: Manche Arten sind gut flugfähig und gerade bei warmem, sonnigen Wetter sehr schnell!), da die Bestimmung der Flügellänge (vgl. 3.7) wie in den allermeisten Fällen auch die Artbestimmung nur am toten Tier möglich ist. Durch die Dämpfe des Ethylacetats (Handelsname Essigäther) im Tötungsgefäß werden die Tiere sofort betäubt und sind nach ca. 15 Minuten tot. In den Tötungsgefäßen können die Tiere einige Tage aufbewahrt werden, für längere Lagerung sollten sie in Aufbewahrungsgefäße überführt werden, die mit einer Konservierungsflüssigkeit (Scherpeltz-Lösung, vgl. Abb. 1) gefüllt sind. In dieser Lösung sind die Insekten viele Jahre lang haltbar. In die Aufbewahrungsgefäße sollte jeweils ein mit weichem Bleistift beschriftetes Etikett mit Fangdatum und Fangort (Lebensraumtyp) gegeben werden. Die in den verschiedenen Lebensräumen gefangenen Tiere müssen getrennt gesammelt werden, so dass pro untersuchtem

Lebensraumtyp mindestens ein Tötungsgefäß benötigt wird. Ein zweites pro Gruppe beschleunigt die Arbeit im Freiland erheblich.

Am ersten Leerungstermin sollten nicht nur die Laufkäfer, sondern alle „laufkäferähnlichen“ Käfer getötet und zur Bestimmung konserviert werden. Eine Ausnahme bilden die großen Käfer (hier sind die Gattungen *Carabus* und *Calosoma* betroffen), die im Gelände mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels sowie anderer Bilderbestimmungswerke (z.B. MÜLLER & BÄHRMANN 1995) bestimmt und anschließend wieder frei gesetzt werden sollten. Im Rahmen von ersten Bestimmungübungen, die mit Hilfe allgemeiner Bestimmungsschlüssel (SCHAEFER 2000, STRESEMANN et al. 2000) durchgeführt werden sollten, bekommen die Schülerinnen und Schüler einen Einblick in die Vielfalt der Käfer und lernen die Merkmale der Laufkäfer kennen. Es wird sich herausstellen, dass der Großteil der mit Bodenfallen gefangenen Käfer aus der Familie der Laufkäfer (*Carabidae*) stammt. Tiere anderer Arthropodengruppen wie Wolfsspinnen, Hundertfüßer oder Asseln werden für das Experiment nicht benötigt und können bei der Kontrolle freigelassen werden.

### 3.4 Bestimmen der Tiere

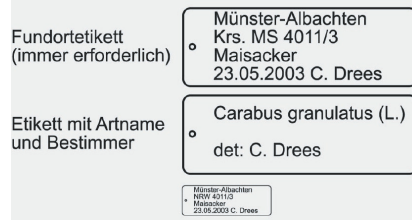
Das Bestimmen der Tiere erfolgt in der Schule. Zur Bestimmung der Käfer sind binokulare Lupen (mind. 10-fache Vergrößerung) erforderlich. Die Bestimmung der Tiere sollte in Zweiergruppen erfolgen. Vor dem Bestimmen ist es sinnvoll, die gefangenen Tiere (aus einem Aufbewahrungsgefäß) nach Größe und Ähnlichkeit zu sortieren. Ein zu determinierendes Tier wird auf einem Stück saugfähigen Papiers getrocknet und anschließend unter Zuhilfenahme des Bestimmungsschlüssels (Arbeitsblatt, vgl. 7) bestimmt. Das Ergebnis der Determination kann mit Hilfe von Zeichnungen oder Fotos in entsprechenden Büchern (z.B. WACHMANN et al. 1995) geprüft werden. Hilfreich ist auch das Bereithalten von Vergleichsmaterial. Das Bestimmungsergebnis wird im Protokollbogen (vgl. Tab. 1) festgehalten. Erfolgreich bestimmte Tiere können entweder in neue Aufbewahrungsgefäße (nach Arten und Standorten getrennt) überführt oder direkt präpariert werden. Zum Präparieren und Trocken eignen sich am besten einfache Styropor-Platten. Die zu präparierenden Tiere werden mit einer Insektennadel (Größe 1 ist als Universalgröße für Laufkäfer geeignet) im vorderen Drittel der rechten Flügeldecke senkrecht von oben durchstoßen. Unter dem genadelten Tier ist, mit wenigen Millimeter Abstand zur Unterseite des Tieres ein vollständiges Fundortetikett auf

die Nadel zu stecken (Abb. 3).

Zusätzlich können auf einem weiteren Etikett Angaben zur Bestimmung (Artname, Bestimmer) gemacht werden; dieses ist wieder einige Millimeter unterhalb des Fundortetiketts anzubringen. Bei noch (alkohol-)feuchten Tieren können die Extremitäten zunächst mit weiteren Nadeln fixiert und ausgerichtet werden. Da die Extremitäten getrockneter Tiere sehr empfindlich sind, empfiehlt es sich, Beine und Antennen eng an das Tier anzulegen. Kleinere Tiere werden mit wasserlöslichem Kleber (z.B. Tapetenkleister oder spezieller Insektenleim) auf kleine Pappplättchen aufgeklebt (diese Plättchen sind wie auch die Insektennadeln bei speziellen Firmen des Entomologiebedarfs erhältlich – Adressen und Bestellmöglichkeiten im Internet). Präparierte und getrocknete Tiere können in Insektenkästen aufbewahrt und zur Demonstration verwendet werden. Für eventuelle Dokumentationen des Projektes im Rahmen einer kleinen Ausstellung sind solche Kästen sicher sehr wirkungsvoll (weitere Informationen zur Präparation vgl. ABRAHAM 1991).

Im Bestimmungsschlüssel (Arbeitsblatt) sind nur die Laufkäferarten aufgeführt, die in den Lebensräumen Acker, Grünland, Hecke und Wald im Nordwestdeutschen Tiefland am häufigsten vorkommen. Durch diese Vorauswahl wird die Bestimmung der auf den ersten Blick oft ähnlichen Tiere erheblich erleichtert und beschleunigt.

Soll die Untersuchung in einer anderen Region durchgeführt werden, wird das Artenspektrum u. U. ein anderes sein. Es ist dann unvermeidlich, sich vor Beginn des Versuchs zu informieren, welche Arten in der betreffenden Region in den zu untersuchenden Lebensräumen häufig auftreten. Hier kann eine Voruntersuchung helfen, die Kenntnisse der Bestimmung dieser Tiere aufzufrischen. Die in der



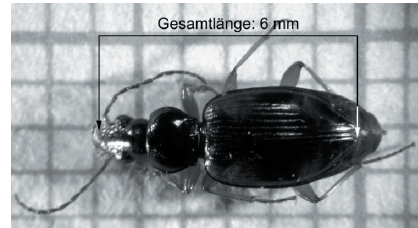
**Abb. 3:** Sammlungsetikett mit Beispielbeschriftung. Auf dem obligatorischen Fundortetikett wird neben der genauen geografischen Fundortangabe (Stadt, Gemeinde, (Land-)Kreis) die Nummer des Mess-tischblattes und der Quadrant angegeben, in dem der Fundpunkt liegt. Zusätzlich wird eine ökologische Fundortangabe, Funddatum und Finder angegeben. Das Fundortetikett wird mit der Insektennadel (auf der sich bereits der Käfer befindet) an der in der Grafik markierten Stelle durchstoßen und so wenige Millimeter unter dem Käfer fest an der Nadel fixiert. Darunter ist ein Etikett mit Angaben zur Bestimmung (Artnamen, Bestimmer), ganz unten ein Etikett in Originalgröße dargestellt.



Voruntersuchung gefangenen Käfer können den Schülerinnen und Schülern als Vergleichsmaterial zur Verfügung gestellt werden. Informationen über die regionale Laufkäferfauna sind außerdem regionalen naturkundlichen Zeitschriften zu entnehmen.

### 3.5 Gesamtlänge

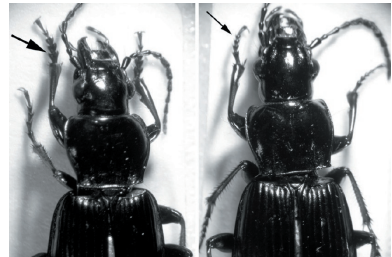
Die Gesamtlänge (von der Spitze der Mandibeln bis zum Hinterende der Flügeldecken, vgl. Abb. 4) jedes determinierten Laufkäfers wird mit Hilfe eines Lineals (unter dem Binokular ablesen!), einer Schieblehre oder auf Millimeterpapier bestimmt und ebenfalls im Protokollbogen notiert.



**Abb. 4:** Längenmessung bei Laufkäfern mit Hilfe von Millimeterpapier am Beispiel von *Bembidion spec.* Die Gesamtlänge ist die Strecke zwischen vorderer Mandibelspitze und dem hinteren Ende der Elytren. Eventuell hervorragender Hinterleib wird nicht gemessen.

### 3.6 Geschlecht

Bei den meisten Laufkäferarten lässt sich das Geschlecht anhand äußerer Merkmale bestimmen: Die Vordertarsen der Männchen sind im Vergleich zu den Tarsen am mittleren und hinteren Beinpaar verbreitert (vgl. Abb. 5) und unterseits mit (meist hellen) Haftborsten versehen. Diese dienen zum Festhalten der Tiere auf den Weibchen während der Kopulation. Die Weibchen weisen dagegen keine verbreiterten Vordertarsen auf.

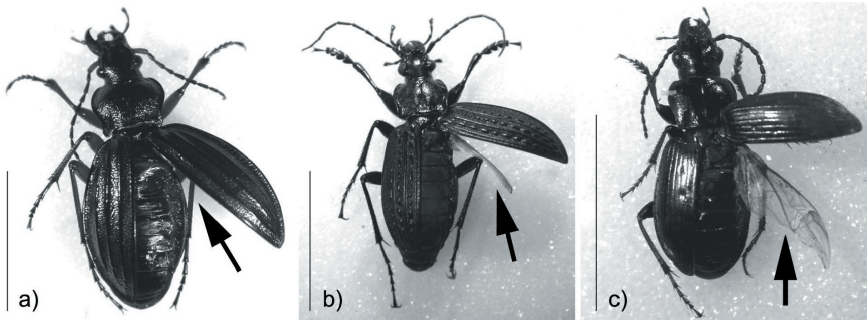


**Abb. 5:** Unterscheidung der Geschlechter bei Laufkäfern am Beispiel von *Pterostichus oblongopunctatus*. Männchen haben im Vergleich zu den Mittel- und Hinterbeinen verbreiterte Tarsen (Fuß-)glieder an den Vorderbeinen (Pfeil, links). Bei Weibchen sind die Tarsenglieder an allen Beinen dagegen gleichartig (Pfeil, rechts).

### 3.7 Flügellänge

Bei manchen Laufkäferarten sind die häutigen Flügel des zweiten Flügelpaars reduziert und die Tiere damit flugunfähig (vgl. 4.3). Die Ausprägung dieses Flügelpaares (der Alae) kann durch Anheben einer Flügeldecke mit Hilfe einer Pinzette leicht abgelesen werden. Sind die Alae kurz (maximal so lang wie zwei Drittel des Hinterleibs), wird der Käfer als kurzflügelig oder brachypter bezeichnet.

(Abb. 6). Lange häutige Flügel sind hingegen mindestens so lang wie der Hinterleib, meist länger und dann mehrfach unter den Flügeldecken zusammengefasst. Käfer mit langen Alae werden als langflügelig oder macropter bezeichnet (Abb. 6). Jedes Individuum sollte auf seine Flügelausprägung untersucht und diese ebenfalls im Protokoll notiert werden.



**Abb. 6:** Verschiedene Ausprägungen des zweiten, häutigen Flügelpaares (Alae): (a) *Carabus auronitens*, extrem kurze Alae; (b) *Carabus granulatus*, deutlich verkürzte Alae, die nicht das Hinterleibsende erreichen; (c) *Pterostichus oblongopunctatus*, voll ausgebildete Alae, mindestens so lang wie der Hinterleib oder länger. (a) und (b) sind als brachypter (kurzflügelig), (c) als macropter (langflügelig) zu bezeichnen. Bei langflügeligen Tieren sind die Alae meist unter den Elytren zusammengefasst und erst in entfaltetem Zustand länger als der Hinterleib! Die Maßstablinie entspricht 1 cm im Original.

### 3.8 Auswertung der Daten

Die in den Protokollbögen festgehaltenen Daten werden zur Auswertung in ein Tabellenkalkulationsprogramm wie Microsoft Excel eingegeben (Muster zur Datentabelle in Tab. 1).

Eine Möglichkeit ist die Auswertung der gemeinschaftlich gewonnenen Daten in Gruppen. Dabei wird jedes Team mit einem

Auswertungsschwerpunkt betraut, den diese Gruppe zum Ende der Unterrichtseinheit dem gesamten Kurs in Form eines Kurzreferates vorstellt. Drei mögliche Schwerpunkte einer Analyse der in der Untersuchung gewonnenen Daten

Standort	Art	GL	Geschl.	Flügel
Acker	<i>Platynus dorsalis</i>	6,3	mä	ma
Wald	<i>Carabus auronitens</i>	23,5	we	br

**Tab. 1:** Mustertabelle zur Eingabe der Daten in ein Tabellenkalkulationsprogramm, z.B. Microsoft Excel. Abkürzungen: GL: Gesamtlänge in mm, Geschl.: Geschlecht, mä: Männchen, we: Weibchen, Flügel: Flügelausprägung, ma: macropter, br: brachypter.

sind: (1): Artenspektren in den untersuchten Lebensraumtypen, (2) Größe der Individuen in den unterschiedlichen Lebensräumen, sowie (3) Größe, Beflügelung und Fortpflanzungstyp als Anpassung an stabile oder instabile Lebensräume. In Kap. 5 werden Beispiele zur Analyse dieser drei Auswertungsschwerpunkte gegeben.

**$\chi^2$ -Vierfeldertest**

**a) Nullhypothese:**  
Merkmal 1 ist nicht abhängig von Merkmal 2

**b) Test:**  $\chi^2$ -Vierfeldertest

	Merkmal 2	nicht Merkmal 2	$\Sigma$
Merkmal 1	<b>a</b>	<b>b</b>	<b><math>n_3</math></b>
nicht Merkmal 1	<b>c</b>	<b>d</b>	<b><math>n_4</math></b>
Summe ( $\Sigma$ )	<b><math>n_1</math></b>	<b><math>n_2</math></b>	<b>n</b>

$$\chi^2 = n \cdot \frac{[(a \cdot d) - (b \cdot c)]^2}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4}$$

Anzahl der Freiheitsgrade (FG) = 1  
 Bei FG = 1: wenn  $\chi^2 > 3,84$  dann  $p < 0,05$   
               wenn  $\chi^2 > 6,63$  dann  $p < 0,01$   
               wenn  $\chi^2 > 10,82$  dann  $p < 0,001$

**c) Ergebnis:**  
 Wenn  $p < 0,05$ : Die Nullhypothese muss abgelehnt werden: Merkmal 1 ist abhängig von Merkmal 2.  
 Wenn  $p > 0,05$ : Die Nullhypothese darf nicht abgelehnt werden: Merkmal 1 ist nicht abhängig von Merkmal 2.

**a) Nullhypothese:**  
Die Käfer vom Acker und aus dem Wald unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Körperlänge nicht voneinander.

**b) Test:**  $\chi^2$ -Vierfeldertest

	Acker	Wald	$\Sigma$
<b>kleiner</b> als mittlere Körperlänge der Gesamtprobe	<b>92</b>	<b>61</b>	<b>153</b>
<b>größer</b> als mittlere Körperlänge der Gesamtprobe	<b>9</b>	<b>103</b>	<b>112</b>
Summe ( $\Sigma$ )	<b>101</b>	<b>164</b>	<b>265</b>

$$\chi^2 = 265 \cdot \frac{[(92 \cdot 103) - (61 \cdot 9)]^2}{101 \cdot 164 \cdot 153 \cdot 112} = 74,4$$

FG = 1  
 $p < 0,001$

**c) Ergebnis:**  
Da  $p < 0,05$  ist, muss die Nullhypothese abgelehnt werden: Die Käfer vom Acker und aus dem Wald unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Körperlänge voneinander.

**Abb. 7:** Vorgehensweise beim  $\chi^2$ -Vierfeldertest (SACHS 1992).

Für die Analyse des Themas (3) können die Daten mit Hilfe eines einfachen statistischen Tests, dem  $\chi^2$ -Vierfeldertest, geprüft werden. Mit Hilfe des Vierfeldertests werden die gewonnenen Daten daraufhin überprüft, ob die Ausprägung bzw. Nicht-Ausprägung eines bestimmten Merkmals 1 unabhängig vom Auftreten oder Nicht-Auftreten eines anderen Merkmals 2 ist oder nicht [30]. Die Vorgehensweise bei diesen Testverfahren wird in Abb. 7 beispielhaft

erläutert. Der erste Schritt bei der Durchführung eines statistischen Tests ist die Formulierung einer sog. Nullhypothese, die stets von einer Unabhängigkeit der betrachteten Merkmale ausgeht. Wie in Abb. 7 werden die Daten in die Tabelle einsortiert und die Testvariable  $\chi^2$  berechnet, aus der die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  abgelesen werden kann. Üblicherweise kann eine Nullhypothese nur abgelehnt werden, wenn  $p \leq 0,05$  ist, d.h. die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums (damit die Wahrscheinlichkeit einer irrtümlichen Ablehnung der Nullhypothese) bei 5% oder darunter liegt. Erreicht  $p$  höhere Werte, wäre eine falsche Interpretation der Nullhypothese in zu vielen Fällen gegeben. Große Werte der Testvariable  $\chi^2$  bedeuten eine geringe Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$ . Für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$  muss  $\chi^2 \geq 3,84$ , betragen (Anzahl der Freiheitsgrade  $FG = 1$ ) [30] (Vgl. auch Abb. 11).

### 3.9 Organisationsformen und Zeitplan der Unterrichtsreihe

Die vorgestellte Unterrichtseinheit kann in zwei Varianten durchgeführt werden. In der Variante 1, in der die komplette Datenerfassung von den Schülern durchgeführt wird, werden je nach Anzahl gefangener Tiere und Intensität der Auswertung insgesamt 10 bis 12 Doppelstunden benötigt (Tab. 2). Für den Zeitplan wurde ein Fangprogramm mittlerer Länge (vier Kontrolltermine: 8 bis 12 Versuchstage) angenommen. Die Schülerinnen und Schüler werden zu Beginn der Unterrichtseinheit in Gruppen geteilt, die Anzahl der Gruppen entspricht der Anzahl der untersuchten Lebensräume. Jede Gruppe ist für die Untersuchung eines Lebensraumes verantwortlich. Da nur das Aufbauen der Fallen und die erste Fallenkontrolle gemeinschaftlich erfolgt, sollte jede Gruppe die weiteren Leerungen in „ihrem“ Lebensraum organisieren. Jede Gruppe erarbeitet die Ökologie der von ihnen untersuchten Lebensräume und stellt sie in Form eines Kurzreferates den anderen Kursteilnehmern vor. Die Lehrerin/der Lehrer ergänzt eventuell fehlende Informationen.

Die Fangergebnisse aus allen Lebensräumen, also aller Gruppen, gehen in eine gemeinsame Datei ein, die für alle Schülerinnen und Schüler zur Auswertung verwendet wird. Jede Gruppe arbeitet damit mit dem gleichen, gemeinschaftlich gewonnenen Datensatz.

**Tab. 2:** Zeitplan für die vorgestellte Unterrichtseinheit (Variante 1). Der Zeitplan geht von vier untersuchten Lebensraumtypen und drei Auswertungshypothesen aus. Abkürzungen: GA: Gruppenarbeit, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, SV: Schülervortrag, UG: Unterrichtsgespräch.

<b>Zeitbedarf (in Doppelstunden)</b>	<b>Ort</b>	<b>Thema</b>	<b>Hausarbeit/ Zusatzarbeit</b>
1. DS	Kursraum	Einführung in den Versuch (LV) Vorstellung des Untersuchungsgebietes und der Fangmethodik (LV) Vorbereiten des Fangmaterials, Ansetzen der Aufbewahrungslösung (GA) Vergabe der Referatsthemen zu den untersuchten Lebensräumen (LV) evtl. erste Bestimmungsübungen (PA)	Vorbereitung von Kurzreferaten zu den 4 untersuchten Lebensraumtypen (4 Gruppen, GA)
2. DS	Exkursion in das Untersuchungsgebiet	Besichtigung des Untersuchungsgebietes (LV) Ausbringen der Fallen (GA)	
3. DS	Exkursion in das Untersuchungsgebiet	Kontrolle der Fallen (Lehrerdemonstration + GA)	
4. DS	Kursraum	Kurzreferat Lebensraum 1 (SV) Bestimmung des Fanges der 1. Fallenkontrolle (PA)	2. Fallenkontrolle (GA)
5. DS	Kursraum	Kurzreferat Lebensraum 2 (SV) Bestimmung des Fanges der 2. Fallenkontrolle (PA)	3. Fallenkontrolle (GA)
7. DS	Kursraum	Kurzreferat Lebensraum 4 (SV) Bestimmung des Fanges der 4. Fallenkontrolle. (PA)	

<b>Zeitbedarf (in Doppelstunden)</b>	<b>Ort</b>	<b>Thema</b>	<b>Hausarbeit/ Zusatzarbeit</b>
8.DS	Kursraum	Besprechung der Dateneingabe am PC (LV) evt. Bestimmung des restlichen Fanges (PA) Eingabe der Daten am PC (PA)	Abschluss der Dateneingabe am PC
9. DS	Kursraum	Hypothesenbildung (1 bis 3) (UG) Demonstration zur Auswertung und Diskussion der Daten (LV)	Auswertung der Daten zur Beantwortung der Hypothesen (3 Gruppen, GA)
10. DS	Kursraum	Diskussion der Ergebnisse zu Hypothese 1 (Ergebnispräsentation, Kurzvortrag, UG) Diskussion der Ergebnisse zu Hypothese 2 (Ergebnispräsentation, Kurzvortrag, UG)	
11. DS	Kursraum	Diskussion der Ergebnisse zu Hypothese 3 (Ergebnispräsentation, Kurzvortrag, UG) Abschlussbesprechung (UG)	Anfertigen eines Versuchsprotokolls (EA oder GA)

Hypothesen und Auswertungsmöglichkeiten sollten schon vor Beginn des Versuchs im Unterrichtsgespräch gesammelt und Schwerpunkte der Auswertung (vgl. Kap. 3.8 und Kap. 5) festgelegt werden. Die Auswertung sollte wieder in Gruppen erfolgen, jede Gruppe stellt die notwendige Theorie zur bearbeiteten Hypothese sowie die Ergebnisse den anderen Kursteilnehmern vor. Wichtig ist dabei, dass jeder Einzelne die Schritte der Auswertung sowie die durchgeführten Berechnungen nachvollzieht und diese auch selbstständig durchführen kann. Die wesentlichen Punkte der Auswertung bzw. der notwendigen Theorie sollte der Lehrer deshalb im Unterrichtsgespräch im Anschluss an die jeweilige Ergebnisvorstellung ansprechen. Die Schülerinnen und Schüler sollten die Ergebnisse des gesamten Unterrichtsprojekts in Form eines Protokolls dokumentieren.

Alternativ kann die vorgestellte Unterrichtseinheit auf die Auswertung reduziert werden, indem der in dieser Beispielstudie erhobene Datensatz ausgewertet wird (Variante 2). Der Datensatz ist auf Anfrage bei der Autorin als Excel-Datei erhältlich. Der Auswertungsphase sollte aber in jedem Fall eine Exkursion ins Gebiet vorangestellt werden. Ebenso sollte die Methode der Bodenfallen angewandt und die gefangenen Tiere bestimmt werden. Die zeitaufwändige Bestimmung des gesamten Tiermaterials sowie die Dateneingabe entfielen bei dieser Variante, so dass lediglich 8 Doppelstunden für diese Unterrichtseinheit benötigt würden (Tab. 3).

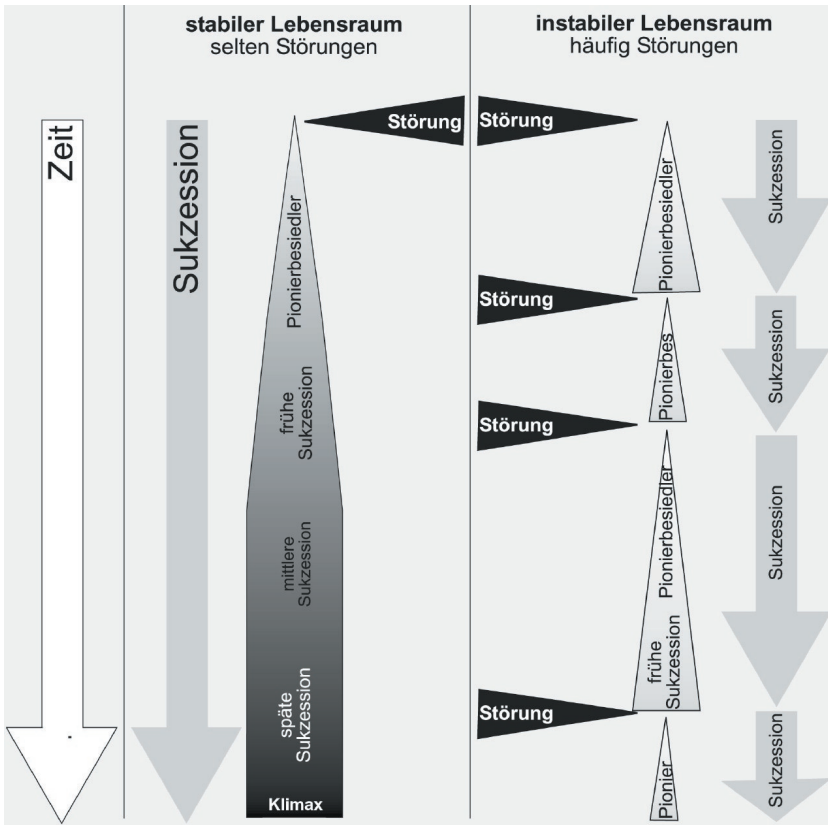
**Tab. 3:** Zeitplan für die vorgestellte Unterrichtseinheit (Variante 2). Vgl. Tab. 2.

Zeitbedarf (in Doppelstunden)	Ort	Thema	Hausarbeit/ Zusatzarbeit
1. DS	Kursraum	vgl. Variante 1	vgl. Variante 1
2. DS	Exkursion in das Untersuchungsgebiet	vgl. Variante 1	
3. DS	Exkursion in das Untersuchungsgebiet	Kontrolle und Abbau der Fallen (Lehrerdemonstration + GA)	
4. DS	Kursraum	Kurzreferat Lebensraum 1 (SV) Kurzreferat Lebensraum 2 (SV) Bestimmung des Fanges (PA)	
5. DS	Kursraum	Kurzreferat Lebensraum 3 (SV) Kurzreferat Lebensraum 4 (SV) Besprechung der Dateneingabe am PC (LV)	
6. bis 8. DS	Kursraum	Vgl. Variante 1	Vgl. Variante 1

## 4 Sachinformationen

### 4.1 Einige Grundbegriffe der Ökologie

Ökologische Inhalte oder Theorien der vorgeschlagenen Unterrichtseinheit, die in Lehrbüchern nur kurz oder nicht in dieser Zusammenstellung behandelt werden, sollen hier aufgeführt werden. Ökologische Grundbegriffe wie „ökologische Valenz“, „Stenökie“ und „Euryökie“ werden dagegen nicht weiter erwähnt (für weitere Informationen siehe BEGON et al. 1998, CAMPBELL & REECE 2003, NENTWIG et al. 2004).



**Abb. 8:** Störungen und Sukzession im stabilen und instabilen Lebensraum. Die Störungen im instabilen Lebensraum können zeitlich regelmäßig (wiederkehrend) oder unregelmäßig sein. Die Breite des Balkens spiegelt die Anzahl der Arten im jeweiligen Sukzessionsstadium wider.



### **Störung und Sukzession**

„Eine Störung ist [...] jedes zeitliche Ereignis, das Organismen entfernt oder auf andere Art und Weise, z.B. durch Veränderung der Ressourcenverfügbarkeit oder der physikalischen Umwelt in die Struktur einer Biozönose eingreift.“ (BEGON et al. 1998, S. 552). Störungen kommen in jedem Lebensraum vor. Im Wald bedeutet ein Feuer oder auch ein einzelner umgestürzter Baum eine Störung. Hochwässer in Flussauen sind im ökologischen Sinn ebenfalls als Störungen zu betrachten (Übersicht in JAX 1999). Durch Störungen entstehen neue Lebensräume, die zunächst von Pionierarten besiedelt werden. Bleibt der Lebensraum lange genug von Störungen verschont, setzt eine Sukzession ein: Die Pionierarten werden von konkurrenzstärkeren Arten eines ersten Sukzessionsstadiums verdrängt, diese wiederum von Arten eines weiteren Sukzessionsstadiums. Schließlich wird sich – unter der Voraussetzung, dass die Bedingungen in der Biozönose lange genug konstant bleiben – ein Klimaxstadium herausbilden (Abb. 8, links).

### **Stabile und instabile Lebensräume**

Die Häufigkeit von Störungen in einem Lebensraum und deren Intensität bestimmen, ob ein bestimmter Lebensraum eher als stabil oder eher als instabil einzustufen ist. Stabile Lebensräume oder Lebensgemeinschaften zeigen „die Tendenz [...] , trotz auftretender Störungen ein Gleichgewicht oder eine relativ konstante Artenzusammensetzung zu erreichen und zu erhalten.“ (CAMPBELL & REECE 2003, S. 1417). Stabile Lebensgemeinschaften werden vor allem durch interspezifische Konkurrenz im Gleichgewicht gehalten, so dass viele Arten nebeneinander existieren (Nischendifferenzierung) (BEGON et al. 1998). Wälder und Hochmoore werden z.B. als natürlich stabile Lebensräume eingestuft. Im Gegensatz dazu sind instabile Lebensräume mit ihren Lebensgemeinschaften durch das Auftreten von Störungen geprägt, die im Gegensatz natürlichen Rhythmen (regelmäßig mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auftretende Ereignisse, die eine evolutive Anpassung erlauben, NENTWIG et al. 2004) unregelmäßig und deshalb nicht vorhersagbar auftreten (Abb. 8, rechts). Der durch jede Störung entstehende neue Lebensraum wird auch hier von Pionierarten besiedelt. Allerdings kommt es, noch bevor die Arten eines späteren Sukzessionsstadiums Fuß fassen können, in der Regel zu einer erneuten Störung. Kurzlebige, temporäre Lebensräume entstehen. Natürliche instabile Lebensräume sind z.B. Flussauen mit ihren Hochwässern. Ökologisch gesehen, sind Acker- und Wiesenflächen

ebenfalls instabile Lebensräume, denn auch das Umpflügen oder Ernten eines Ackers oder die Mahd einer Wiese sind unterschiedlich intensive Störungen für die dort lebenden Arten.

### Das r-K-Kontinuum



Das Überleben in unterschiedlich stabilen Lebensräumen erfordert verschiedene Strategien. In instabilen Umwelten ist es von Vorteil für ein Individuum einer Art, sich möglichst schnell zu entwickeln und ebenso schnell sehr viele Nachkommen zu erzeugen. Konkurrenz spielt in diesen nach einer Störung leeren oder fast unbevölkerten Lebensräumen keine Rolle. Wichtiger ist dagegen eine effektive Verbreitung der Individuen, damit diese in der Lage sind, neue, gerade durch eine Störung veränderte Lebensräume zu finden und zu besiedeln. Insgesamt fördern die Bedingungen in temporären Lebensräumen eine hohe Reproduktion der Art mit großen Nachkommenzahlen (nach der Selektion hin zu einer hohen Reproduktionsrate  $r$  werden diese Arten als r-Strategen bezeichnet). Die Nachkommen sind notwendigerweise klein bis sehr klein, was aber aufgrund der fehlenden oder nur gering wirksamen Konkurrenz keinen Nachteil darstellt (Tab. 4).

**Tab. 4:** Vereinfachte Übersicht über typische Eigenschaften von r- und K-Strategen.

	r-Strategen	K-Strategen
	<p>exponentielles Wachstum</p>	<p>logistisches Wachstum</p>
<b>Größe der Individuen</b>	eher kleinere Arten	eher große Arten
<b>Reproduktion</b>	hohe Vermehrungsraten mit früher Reproduktionsphase	geringe Vermehrungsraten mit später Reproduktionsphase
<b>Lebensdauer</b>	kurzlebig	langlebig
<b>Lebensraum</b>	in variablen, temporären Habitaten, geringere interspezifische Konkurrenz	in stabileren Habitaten, hohe interspezifische Konkurrenz

In stabilen Lebensräumen sind nicht die häufigen lebensraumverändernden Störungen das Problem für die dort lebenden Arten sondern die Begrenztheit der Ressourcen. Die Lebensgemeinschaft lebt nahe an der Tragfähigkeit ihres Lebensraumes, der Kapazität ihrer Umwelt (K). Große Konkurrenzkraft ist hier wichtiger als schnelle Reproduktion. Dies führt dazu, dass eher langlebige Individuen sich seltener fortpflanzen, in jeden einzelnen Nachkommen aber umso mehr investieren: Die wenigen Nachkommen sind groß, kräftig und somit konkurrenzstark (die Selektion wirkt hier hin zur Erhaltung der Art nahe an der Kapazität des Lebensraumes, deshalb werden diese Arten als K-Strategen bezeichnet, Tab. 2). In stabilen Lebensräumen ist eine effektive Ausbreitung und damit das Erschließen neuer Lebensräume minderwichtig, die Entwicklung effektiver Ausbreitungsstadien und –strategien tritt hier in den Hintergrund. Als extreme Anpassungen bilden r- und K-Strategie entgegengesetzte Endpunkte eines ganzen Anpassungsspektrums, des sog. r-K-Kontinuums.

**Tab. 5:** Beispiele für r- und K-Strategen bei den Laufkäfern. Die Pfeile in der ersten Spalte geben Stärke der K- (schwarz) bzw. r-(weiß)-Strategie an.

	Art	Bevorzugter Lebensraum				Flügelausprägung
	<i>Carabus auronitens</i>	Wald (stenök)	30 – 50 (Turin et al. 2003)	60 bis 90 Tage (im Tiefland, Weber & Heimbach 2001)	6,5 (Weber & Heimbach 2001)	brachypter
	<i>Abax parallelus</i>	Wald (stenök)	?	Abhängig vom Wetter: 0,5 bis 1,5 Jahre (Turin 2000)	3,75 Jahre (Thiele 1977)	brachypter
	<i>Carabus granulatus</i>	Feuchtwälder, Wiesen	Ca. 40 (Turin 2000)	40-55 Tage (Turin et al. 2003)	2,5 Jahre (Turin et al. 2003)	dimorph
	<i>Elaphrus cupreus</i>	Ufer stehender und fließender Gewässer	100 (Turin 2000)	37,5 Tage (Turin 2000)	1 – 2 Jahre?	macropter
	<i>Bembidion velox</i>	Vegetationsarme Ufer fließender Gewässer	10 – 30 (Kleinwächter, mündl. Mitt.)	28 Tage (Kleinwächter 2007)	0,5 – 1,5 Jahre?	macropter

Jede Laufkäferart lässt sich aufgrund ihrer Fortpflanzungsstrategie (Anzahl und Größe der Eier, Dauer der Entwicklung, Langlebigkeit der Individuen) sowie ihrer Größe und Flügelausprägung in dieses Schema des r-K-Kontinuums einordnen. Die Einordnung ist zwar nicht absolut und z.T. auch zwischen verschiedenen Populationen einer Art unterschiedlich, hilft aber bei der Beurteilung der Lebensstrategie einer bestimmten Art. Tab. 5 wurde diese Einordnung beispielhaft für einige Laufkäferarten vorgenommen.

## 4.2 Die untersuchten Lebensräume

Die wesentlichen Merkmale der untersuchten Lebensräume werden in Tab. 6 zusammengefasst und vergleichend gegenübergestellt.

### Acker

Äcker gehören zu den am stärksten vom Menschen beeinflussten Ökosystemen (HOFMEISTER & GARVE 1986). Es sind gleichförmig strukturierte und einseitig genutzte Monokulturen, so dass Ackerflächen zu den artenärmsten Gebieten in unserer Kulturlandschaft zählen (MÜHLENBERG & SLOWIK 1997). Äcker zeichnen sich als offene Lebensräume durch starke Klimaschwankungen aus (Tab. 6). Wie in keinem anderem Lebensraum wird die Vegetation durch jährliche Bearbeitungsmaßnahmen wie Pflügen oder Eggen immer wieder in ihrer Entwicklung beeinflusst. Wollen Pflanzen- und Tierarten in diesem Lebensraum überleben, müssen sie sich dem Rhythmus der Bewirtschaftung anpassen (HOFMEISTER & GARVE 1986). Trotzdem ist die Tierwelt der Felder keine spezifische Fauna, sondern wird v.a. von Arten geprägt, die aufgrund ihrer hohen ökologischen Toleranz auch in anderen Biotopen vorkommen (MÜHLENBERG & SLOWIK 1997).

### Grünland

Unter dem Begriff Grünland werden zwei Nutzungstypen zusammengefasst: die (Mäh-)wiese und die Weide. Die für die Bewirtschaftung notwendige Mahd, eventuelle Düngergaben oder der Tritt und Fraß durch das Vieh wirken sich weniger tiefgreifend auf das Grünland aus als die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf dem Acker. Weder durch die Mahd noch durch den Fraß werden die Pflanzen abgetötet, das Zurückschneiden bzw. der Verbiss können einen erneuten Austrieb sogar fördern. Im Vergleich zum Acker herrschen im Grünland gemäßigte mikroklimatische Bedingungen (Tab. 6).

Regelmäßige Mahd führt zu einer strukturellen Vereinheitlichung der Vegetation, z.B. wird bultartiges Wachstum bestimmter Graspflanzen an lokal günstigeren

Stellen unterbunden (Tischler 1980). Langfristig wird die Artenzusammensetzung einer gesamten Wiese vor allem durch intensive Bewirtschaftung wesentlich verändert (MÜHLENBERG & SLOWIK 1997). Beweidung vermindert dagegen kleinräumig das Aufkommen einzelner Arten, andere Arten werden im Wachstum begünstigt, z.B. weil sie vom Vieh wegen ihrer Inhaltsstoffe nicht oder nur ungerne gefressen werden. Ein entscheidender Faktor in einer Weide ist der Tritt durch das Vieh. Insgesamt sind die Lebensbedingungen durch die intensivere Nutzung der Weiden für viele Tier- und Pflanzenarten extremer als auf Wiesen (TISCHLER 1980). Extensive Grünlandnutzung, d.h. je nach Bedingungen nur die einmalige Mahd einer Wiese, Verzicht auf zusätzliche Düngung, nur geringe Viehstückzahlen pro Fläche fördern die Arten- und Strukturvielfalt des Grünlandes.

### **Hecke**

Hecken zeichnen sich durch eine hohe Strukturvielfalt aus. Krautreichen Randbereichen folgen buschig wachsende Gehölze wie z.B. Weißdorn oder Schlehe, die zum Heckeninneren an Größe zunehmen. Einzelne große Bäume (sog. Überhälter) in der Heckenreihe sorgen für großräumige Beschattung. Im Heckeninneren kann, je nach Breite der Hecke, am Boden eine Waldvegetation ausgeprägt sein. Auf der anderen Seite wird die Hecke wieder von Büschen und anschließend von hohen Kräutern gebildet, so dass eine Hecke mit zwei entgegengesetzt aneinanderliegenden Waldrändern zu vergleichen ist (TISCHLER 1980) (Tab. 6). Neben der Breite spielt auch das Alter der Hecke eine wichtige Rolle. Junge, frisch angepflanzte Hecken weisen eine deutlich geringere Strukturvielfalt auf, als 200 Jahre alte, immer wieder geschnittene Wallhecken mit knorrigen Eichen, dichten Hainbuchen- oder Haselsträuchern oder undurchdringlichen Weißdorn- oder Schlehenbüschen. Die hohe Strukturvielfalt der Hecken bedingt eine große mikroklimatische Vielfalt. Die Südseite zeichnet sich durch hohe Temperaturen und große Trockenheit aus, die Nordseite wird dagegen von einem einheitlicheren, feucht-kühleren Klima geprägt. Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind an der Leeseite anders als an der dem Wind ausgesetzten Seite der Hecke. Das Heckeninnere wird von waldähnlichem Mikroklima (s.u.) bestimmt (GLÜCK & KREISEL 1986, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997, STREETER et al. 1985, TISCHLER 1980) (Tab. 6). Die hohe Vielfalt in Struktur und Mikroklima führt zu einer enormen Artenvielfalt in den Hecken. Bis 1500 Arten werden für Hecken im Norddeutschen Raum angegeben (MÜHLENBERG & SLOWIK 1997). Weitere Informationen auch in RUDZINSKI (1986).

Hecken haben eine herausragende ökologische Bedeutung für ihre Umgebung. Sie wirken in einer durch Landwirtschaft geprägten Landschaft als Windschutz oder verbessern auf ihrer Windschattenseite die Feuchtigkeitsbedingungen. Durch ihre lineare Ausdehnung fungieren Hecken zudem als Habitatkorridore z.B. für Waldarten, indem sie den Individuenaustausch zwischen Wäldern fördern, der ohne verbindende Hecken nicht oder nur in deutlich geringerem Umfang möglich wäre (z.B. für Laufkäfer: BUTTERWECK 1998, CHARRIER et al. 1997, DREES 2003, GLÜCK & KREISEL 1986, JEDICKE 1989, RUDZINSKI 1986). Der besondere ökologische Wert der Hecken in der Agrarlandschaft wird durch den im Bundesnaturschutzgesetz festgeschriebenen Schutz der Hecken deutlich (BNatSchG §2(1)).

**Tab. 6 :** Wesentliche Eigenschaften der untersuchten Lebensraumtypen.

Lebensraumtyp	Mikroklima in Bodennähe	Struktur-vielfalt	Artenvielfalt	Störungsregime
Acker	Extrem: starke tageszeitliche Schwankungen in Temperatur und Feuchtigkeit	Sehr gering: einheitliche Fläche	Gering, keine wirklichen Spezialisten sondern vorwiegend euryöke Freiflächenbewohner	Häufige, regelmäßige tiefgreifende Störungen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen
Grünland	Gemäßigt: weniger starke tageszeitliche Schwankungen	Mittel bis gering, in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und -intensität	mittel	Häufige, regelmäßige Störungen durch Mahd (großflächig und intensiv) oder Beweidung (Verbiss und Tritt, lokal mit unterschiedlicher Intensität)
Hecke	Vielfältig: Südseite trocken-warm; Nordseite: kühl-feucht. Im Heckeninneren waldähnlich	Sehr hoch: Hochstaudenbereiche am Randbereich, Büsche, Bäume, Waldbodenvegetation, Totholz	Aufgrund des vielfältigen Mikroklimas und der hohen Strukturvielfalt sehr hoch; Feld- und Waldarten	Regelmäßige aber seltene Störung durch Beschneiden der Hecken
Wald	Gleichmäßige Bedingungen in Feuchtigkeit und Temperatur, kaum tageszeitliche Schwankungen	Mittel bis hoch, in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität des Waldes	Hoch, viele spezialisierte Waldarten	Unregelmäßige, seltene Störungen durch Blitzschlag oder Rodung

## Wald

Im Waldinneren sorgen die Waldbäume für ein ausgeglichenes kühl-feuchtes Mikroklima (HOFMEISTER 1990). Wälder gelten in unserer Klimazone als sehr stabile Lebensräume (Klimaxgesellschaften). Greift der Mensch nicht in die Waldentwicklung ein, wird sich ein vielfältiger Urwald entwickeln, der nur selten von lokalen Störungen, wie etwa Blitzschlag, und noch seltener von großräumigen Katastrophen, z.B. Waldbrand, beeinträchtigt wird. In der Regel sind Wälder infolge der fast flächendeckenden forstwirtschaftlichen Nutzung weniger vielfältig; Störungen durch Rodungen kommen hinzu.

### Die heutige Kulturlandschaft

Unsere heutige Landschaft ist eine fast vollständig vom Menschen geprägte Kulturlandschaft, deren zunehmende Bewirtschaftung zu einer Homogenisierung der Lebensräume führt. Die Anzahl unterschiedlicher Mikrohabitate innerhalb eines Lebensraumes nimmt ab. Im Gegensatz dazu sind die Grenzen zwischen den Lebensräumen stärker ausgeprägt: Von einem Biotop zum anderen verändern sich die Bedingungen sprunghaft. Schärfere Habitatgrenzen beschränken die Ortsbewegung v.a. stenöker Tierarten. Die Folge ist, dass eng benachbarte Lebensräume nur eine sehr geringe Ähnlichkeit ihrer Tierwelt aufweisen, in weniger intensiv bewirtschafteten Bereichen ist die Übereinstimmung in der Fauna dagegen deutlich größer (MÜHLENBERG & SLOWIK 1997). Zur Entstehung der Kulturlandschaft vgl. (KÜSTER 1996, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997, TISCHLER 1980).

### 4.3 Zur Biologie der Laufkäfer (Carabidae)

Die Familie der Laufkäfer umfasst in Deutschland etwa 500 Arten. Die kleinsten Arten sind etwa 1,5 mm groß, die größte heimische Spezies ist der Lederlaufkäfer, *Carabus coriaceus* mit 30 bis 40 mm Körperlänge. Im Nordwestdeutschen Tiefland treten ca. 300 Arten auf (KÖHLER & KLAUSNITZER 1998). Der meisten Laufkäfer sind bodenaktive Räuber. Nur wenige Arten sind als wirkliche Nahrungsspezialisten anzusehen. Carabiden besiedeln in Mitteleuropa fast alle Lebensraumtypen.

Laufkäfer sind in der Regel flinke Läufer. Gerade große Arten haben ihre Flugfähigkeit völlig verloren, die Flügel des zweiten Flügelpaars (die Alae) sind verkümmert. Diese Arten werden als brachypter (oder kurzflügelig) bezeichnet (Abb. 6). Andere Arten sind dagegen sehr gut flugfähig, sie haben unter den

Flügeldecken voll entwickelte häutige Flügel (die Tiere sind langflügelig oder macropter, Abb. 6). Allerdings ist bei einigen Laufkäfern auch bekannt geworden, dass einige Tiere zwar lange Alae besitzen, ihnen die zum Fliegen ebenfalls notwendige Flugmuskulatur aber fehlt oder ihre zwar langen Alae schlicht zu kurz sind, um den Tieren wirklich zum Fliegen zu verhelfen (THIELE 1977). Bei anderen, sog. dimorphen Arten treten beide Formen der Flügelausprägung auf: Einige Individuen sind geflügelt, andere Tiere dieser Art haben verkürzte Hautflügel.

Die Entwicklung der Laufkäfer verläuft wie bei allen Käfern holometabol: Dem Eistadium folgen (meist) drei Larvenstadien und eine Puppe, aus der dann der adulte Käfer (Imago) schlüpft. Die Larven sind ebenfalls bodenaktive Räuber. Die meisten Laufkäferarten lassen sich nach dem Zeitpunkt der Reproduktion zwei Fortpflanzungstypen zuordnen: Frühjahrsbrüter (= Imaginalüberwinterer) oder Herbstbrüter (= Larvalüberwinterer) (Thiele 1977, vgl. Tab. 7). Bei Frühjahrsbrütern findet die Reproduktion im Frühjahr statt: Paarung und Eiablage erfolgen im April/Mai, die Larven entwickeln sich über den Sommer zu Imagines. Bei vielen Arten sind frisch geschlüpfte Tiere (Jungtiere) zusätzlich im Spätsommer noch einmal zur Nahrungsaufnahme aktiv. In dieser Zeit härtet sich das Exoskelett der Tiere, das bei den frisch geschlüpfte Käfern zunächst weich ist. Frühjahrsbrüter überwintern als Imago. Herbstbrüter pflanzen sich dagegen im Spätsommer fort: Die Eiablage erfolgt im August/September. Die Larven entwickeln sich während der Herbstmonate, das letzte Larvenstadium überwintert. Im Frühjahr wird die Entwicklung fortgesetzt, erste Jungtiere treten im Frühsommer auf. Nur wenige Arten weisen komplizierte, zweijährige Entwicklungszyklen auf (DEN BOER & VAN DIJK 1996).

Die Fortpflanzungszeit ist die Zeit der größten Laufaktivität, in der v.a. die Männchen auf der Suche nach Geschlechtspartnern sind. Bei einigen Arten, z.B. bei *Carabus auronitens*, locken die Weibchen die Männchen an, vermutlich spielen hier Pheromone eine Rolle (BAUMGARTNER 2000).

Einen umfassenden Überblick über die Biologie und Ökologie der Laufkäferarten geben THIELE (1977), TURIN (2000), WACHMANN et al. (1995). Spezielle Schlüssel zur Bestimmung von Carabiden sind u.a. MÜLLER-MOTZFELD (2004), TRAUTNER & GEIGENMÜLLER (1987), viele Arten sind auch mit einfacheren Werken (DÜCKER et al. 1997, MÜLLER & BÄHRMANN 1995) oder mit allgemeinen Schlüsseln (SCHAEFER 2000, STRESEMANN et al. 2000) zu bestimmen. Für den hier



vorgeschlagenen Versuch wird (zumindest für den nordwestdeutschen Raum) ein vereinfachter Schlüssel angeboten (Arbeitsblatt). In Tab. 7 sind die wichtigsten Angaben zur Biologie und Ökologie der im Schlüssel behandelten Arten zusammengestellt.

Laufkäfer werden seit vielen Jahren zur Bewertung von Lebensräumen eingesetzt. Grundlage dafür sind neben der hohen Artenzahl der Carabiden ihre zum Teil. strenge Bindung an bestimmte Umweltfaktoren, wie z.B. Feuchtigkeit, sowie die umfangreichen Kenntnisse zur Verbreitung und Ökologie vieler heimischer Laufkäfer (BARNDT et al. 1991). Diese konnten in den letzten 50 Jahren nicht zuletzt durch die einfache Fangmethode mittels Bodenfallen zusammengetragen werden (TURIN 2000).

## 5 Ergebnisse einer Beispielstudie

Die vorgeschlagene Untersuchung wurde mit Studierenden des Lehramts Biologie für Sek II/I an der Universität Münster wiederholt erfolgreich durchgeführt. Um die vielfältigen Möglichkeiten der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse zu demonstrieren, sollen im folgenden die Ergebnisse der Studie des Sommersemesters 2004 dargestellt werden.

Vom 28.04. bis zum 05.05.2004 wurden am Stadtrand von Münster fünf räumlich eng benachbarte, nur wenige 100 Meter auseinander liegende Untersuchungsstellen mit Hilfe von je fünf Lebendfallen beprobt: zwei Probestellen im Wald (feuchter Laubmischwald), zwei in Hecken (eine in einer jungen, etwa 40 Jahre alten und etwa 5 m breiten Hecke; eine andere in einer bereits mittelalterlich angelegten und ca. 20 m breiten, heute von hohen Bäumen bestandenen Landwehr) sowie einer auf dem Acker (gerade eingesäter Maisacker). Insgesamt wurden 308 Laufkäfer aus 16 Arten und den nicht weiter aufgetrennten Gattungen *Amara*, *Bembidion* und *Harpalus* nachgewiesen. Von der Gattung *Agonum* wurde nur *Agonum muelleri* bis zum Artniveau bestimmt, andere Arten dieser Gattung blieben in diesem Falle unberücksichtigt. Die Daten wurden hinsichtlich dreier Schwerpunkte ausgewertet.

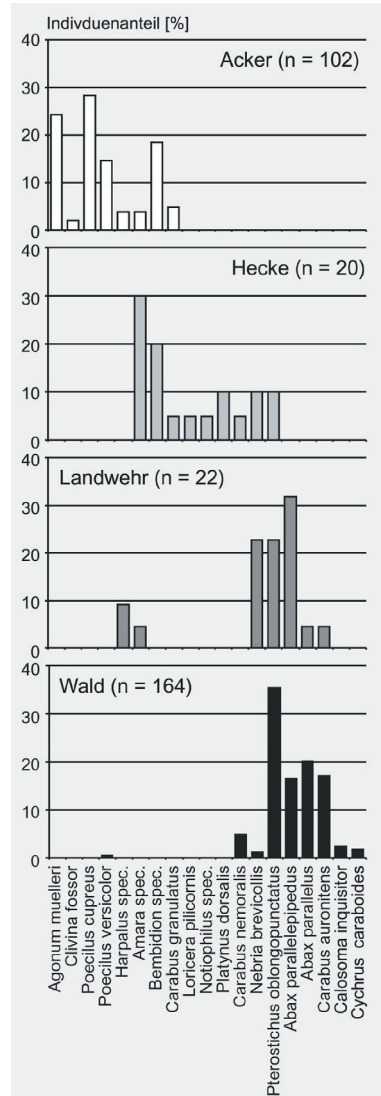
### (1) Artenspektren der Lebensräume

Die in der Beispielstudie gefangenen Laufkäferarten werden in Abb. 9 auf ihr Vorkommen in den verschiedenen untersuchten Lebensräumen untersucht. Das Artenspektrum der Laufkäfer auf dem Acker und im Wald unterschied sich sehr

stark.

Werden die in Tab. 7 zusammengestellten Informationen zum Vorkommensschwerpunkt der Tiere hinzugezogen, zeigt sich, dass auf dem Acker überwiegend Ackerarten vorkamen. Eine Ausnahme machte der vorwiegend in feuchten Wäldern vorkommende, aber sehr euryöke *Carabus granulatus*. Im Wald wurden dagegen hauptsächlich bevorzugt Laubwaldarten nachge-wiesen. Mit *Abax parallelus*, *Carabus auronitens* und *Calosoma inquisitor* wurden drei als stenök eingestufte Waldarten gefangen.

Wegen der geringen Fangzahlen sind die Ergebnisse aus Hecke (n=20) bzw. Landwehr (n=22) weniger aussagekräftig und nur als Hinweis zu interpretieren. Trotzdem lassen sich Tendenzen erkennen: In der Hecke wurden mit *Harpalus* und *Bembidion* Vertreter aus Gattungen gefunden, die auch auf dem Acker, nicht aber im Wald vorkommen. *Carabus granulatus* kommt ebenfalls in der Hecke und auf dem Acker vor. Ebenso lassen sich in der Hecke aber Arten finden, die nicht auf dem Acker aber im Wald vorkommen. Dies sind mit *Nebria brevicollis*, *Pterostichus oblongopunctatus* und *Abax parallelepipedus* als Waldbewohner eingestufte Arten. Die Hecke nimmt damit hinsichtlich



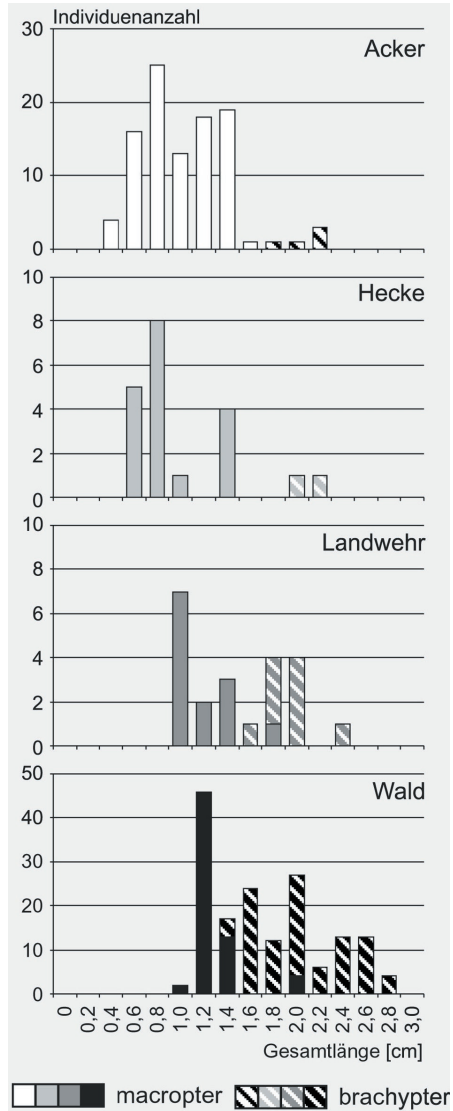
**Abb. 9:** Artenspektren in den untersuchten Lebensräumen Acker, Hecke, Landwehr (alte Hecke), Wald. Angegeben ist jeweils der prozentuale Individuenanteil am Gesamtfang in jedem Lebensraum. Weiß: Individuen vom Acker; Hell- und Dunkelgrau: Individuen aus verschiedenen Hecken; Schwarz: Individuen aus dem Wald.

ihres Artenspektrums eine Mittelstellung zwischen Acker und Wald ein. Die breitere, waldähnlichere Landwehr weist einen noch höheren Waldartenanteil auf. Mit *Poecilus versicolor* und Vertretern der Gattung *Harpalus* kommen lediglich zwei Taxa vor, die auch auf dem Acker nachgewiesen wurden.

**(2) Größe und Flügelänge der Laufkäfer in Abhängigkeit vom Lebensraum**

Standen im vorgehenden Abschnitt die Arten im Mittelpunkt der Betrachtung, sollen jetzt die Eigenschaften wie Größe und Flügelänge der gefangenen Laufkäfer näher betrachtet werden. In Abb. 10 wurden die gefangenen Individuen in Größenklassen eingeteilt (x-Achsen der Diagramme) und die Anzahl der Tiere in jeder Klasse und für jeden Lebensraum gezählt (Häufigkeitsverteilung). Es fällt auf, dass die Tiere auf dem Acker am kleinsten, die im Wald am größten sind. Die Hecke und die Landwehr nehmen wie schon im vorherigen Abschnitt wieder Zwischenstellungen ein. Die schmale Hecke weist erwartungsgemäß kleinere Tiere, die Landwehr aufgrund ihrer größeren Waldähnlichkeit die größeren Tiere auf.

Zusätzlich wurde in Abb. 10 der Beflügelungszustand der gefangenen Laufkäfer berücksichtigt. Vor allem die



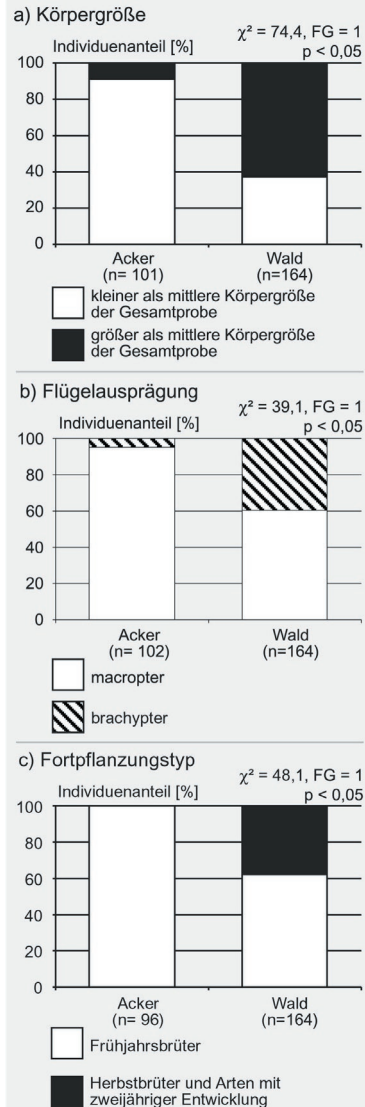
**Abb. 10:** Häufigkeitsverteilungen der Gesamtlängen und Beflügelungstypen in den unterschiedlichen Lebensräumen. (Erläuterungen vgl. Abb. 9)

kleinen Tiere mit einer Gesamtlänge bis 1,4 cm sind geflügelt und damit potenziell flugfähig. Große Laufkäfer waren in dieser Untersuchung fast ausschließlich brachypter.

Diese Beobachtung hat in Zusammenhang mit der Größenverteilung der Tiere in den unterschiedlichen Lebensräumen eine unmittelbare Folge auf die Anteile der kurzflügeligen Käfer in den untersuchten Lebensräumen. Auf dem Acker wurden nur sehr wenige große und damit auch sehr wenige flugunfähige Tiere gefunden. In der Hecke ist die Anzahl der geflügelten Tiere wegen der insgesamt geringen Fangzahlen noch geringer als auf dem Acker, die Landwehr nimmt hinsichtlich der langflügeligen Tiere eine Zwischenstellung zwischen Acker und Wald ein. Im Wald ist dagegen der Anteil der großen und damit (meist) kurzflügeligen Individuen deutlich höher.

### (3) Größe, Flügelänge und Fortpflanzungstyp als Anpassung an stabile und instabile Lebensräume?

Im vorgeschlagenen Versuch wird mit dem Acker ein extrem instabiler und mit dem Wald ein stabiler Lebensraum untersucht (vgl. 4.2). Es stellt sich die Frage, ob die



**Abb. 11:** Laufkäfer im stabilen (Wald) und instabilen (Acker) Lebensraum und Beispiele für Hypothesen der Anpassung an die unterschiedlichen ökologischen Bedingungen in diesen Habitaten. Die Prüfung der Hypothesen erfolgt auf Basis der gewonnenen Daten unter Verwendung des  $\chi^2$ -Vierfeldertests (vgl. Text).

in diesen Habitaten gefundenen Laufkäfer an die speziellen Eigenschaften ihres Lebensraumes angepasst sind, bzw. besonders angepasste Individuen ausgelesen wurden. Im folgenden werden die drei im Versuch betrachteten Eigenschaften (Individuengröße, Beflügelung und Fortpflanzungstyp) näher untersucht (Abb. 11 a-c).

In Abb. 11a wird die Größe der auf dem Acker und im Wald gefangenen Käfer untersucht. Um zwei Gruppen zu erhalten, wurde der Mittelwert der Längen der Individuen aus der gesamten Probe berechnet und als Trennwert verwendet: Tiere, die kleiner sind als der Mittelwert, werden einer, Tiere, die größer sind als der Mittelwert, einer anderen Gruppe zugeordnet. Die Ergebnisse zeigen, dass auf dem Acker mehr Käfer aus der ersten Gruppe gefangen wurden, die gefangenen Laufkäfer damit signifikant kleiner als die im Wald sind. Diese Befunde passen sich gut in die Theorie ein, dass auf dem Acker, einem instabilen Lebensraum, eher die r-Strategie (vgl. Tab. 4) verwirklicht ist.

Ebenso ist die Flügelausbildung mit dem Lebensraum in Verbindung zu setzen. Zwar besteht ein Zusammenhang zwischen Größe der Tiere und der Ausbildung ihrer Flügel (s.o.), dennoch können auch die in Abb. 11b dargestellten Befunde als Anpassung an das Leben im instabilen Lebensraum Acker bzw. stabilen Lebensraum Wald gedeutet werden. Die häufigen Störungen auf dem Acker durch die regelmäßigen, tiefgreifenden Bewirtschaftungsmaßnahmen schaffen immer wieder unbesiedelte Freiräume, die schnell von gut flugfähigen Arten besiedelt werden können. Laufkäfer, die neue Lebensräume zu Fuß erreichen müssen, sind hier im Nachteil. Im Wald sind die Verhältnisse dagegen umgekehrt. In einem solch stabilen Lebensraum ist die Ausbildung von Flügeln und der notwendigen Flugmuskulatur zwar nicht direkt nachteilig, die Entwicklung der Flügel ist jedoch energieaufwändig. Ungeflügelte Tiere sind damit indirekt im Vorteil.

In Abb. 11c wird der Fortpflanzungstyp näher betrachtet. Auf einem Acker mit seinen regelmäßigen Eingriffen kann eine Art nur überleben, wenn ihre Lebensweise sich in die typische Rhythmik der Bewirtschaftung einpasst. Frühjahrsbrüter, die zu Zeiten des Pflügens oder Eggens als adulte Käfer auf dem Acker leben, haben hier einen klaren Vorteil. Sie sind als adulte Käfer den Maßnahmen der Bodenbearbeitung gegenüber wesentlich unempfindlicher, als herbstbrütende Arten, die zu diesen Zeiten des zeitigen Frühjahrs oder späteren

Herbstes als Larve existieren. Die Entwicklung der Frühjahrsbrüter vollzieht sich in der Regel innerhalb eines Sommers, bis zum nächsten Pflügen ist die neue Generation damit bereits erwachsen. Die Ergebnisse dieser Studie belegen diese Annahmen eindrucksvoll.

## Literatur

- ABRAHAM, R. (1991): Fang und Präparation wirbelloser Tiere. Stuttgart: Fischer
- ACKERMANN, H.-J. (1991): Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen Hecken und Feldern im Vergleich von alternativem und konventionellem Anbau, dargestellt am Beispiel von Laufkäfern und Kurzflüglern (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae). Dissertation, Universität Bonn
- BARNDT, D., S. BRASE, M. GLAUCHE, H. GRUTTKE, B. KEGEL, R. PLATEN & H. WINKELMANN (Hrsg.) (1991): Die Laufkäfer von Berlin (West) - mit Kennzeichnung und Auswertung der verschollenen und gefährdeten Arten (Rote Liste, 3. Fassung). Berlin: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung
- BAUMGARTNER, R. (2000): Sexual attraction in *Carabus auronitens* F.: males lured by females. In: P. BRANDMAYER, G. LÖVEL, T. ZETTO BRANDMAYER, A. CASALE & A. VIGNA TAGLIANTI (Hrsg.): Natural history and applied ecology of Carabid Beetles. Sofia: Pensoft, 139-145
- BEGON, M.E., J.L. HARPER & C.R. TOWNSEND (1998): Ökologie. Heidelberg: Spektrum
- BERCK, K.-H. (1999): Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden. Wiebelsheim: Quelle & Meyer
- BUTTERWECK, M.D. (1998): Metapopulationsstudien an Waldlaufkäfern (Coleoptera: Carabidae). Einfluß von Korridoren und Trittsteinbiotopen. Berlin: Wissenschaft und Technik Verlag
- CAMPBELL, N.A. & J.B. REECE (2003): Biologie. Heidelberg: Spektrum
- CHARRIER, S., S. PETIT & F. BUREL (1997): Movements of *Abax parallelepipedus* (Coleoptera, Carabidae) in woody habitats of a hedgerow network landscape: a radio-tracing study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **61**, 133-144
- DEN BOER, P.J. (1977): Dispersal power and survival. Wageningen: Veenman & Zonen
- DEN BOER, P.J. & T.S. VAN DIJK (1996): Life-history patterns among carabid species. *Tijdschrift voor entomologie* **139**, 1-16
- DREES, C. (2003): Ausbreitung flugunfähiger Arthropoden über Habitatkorridore: Untersuchungen an einer Metapopulation von *Carabus auronitens* (Col., Carabidae) im Münsterland. Münster: Schöling
- DÜCKER, A., H. SCHMÜSER, K. HEUBEL, R. BORCHERDING, V. HEUBEL, C. MÜLLER-REICH, K. PAHNKE, P. GIENAPP, R. NÖTZOLD & V. NÖTZOLD (1997): Laufkäfer. Hamburg: Deutscher Bund für Naturbeobachtung
- ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN & D. RODI (1998): Fachdidaktik Biologie. Köln: Aulis

- FIDORRA, A. & M. MARQUARDT (1994): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Hecken im Münsterland am Beispiel der Carabidae (Laufkäfer). *Münstersche Geographische Arbeiten* **36**, 47-60
- GLÜCK, E. & A. KREISEL (1986): Die Hecke als Lebensraum, Refugium und Vernetzungsstruktur und ihre Bedeutung für die Dispersion von Waldcarabiden. *Laufener Seminarbeiträge* **10** (86), 64-83
- HOFMEISTER, H. (1990): *Lebensraum Wald*. Hamburg: Parey
- HOFMEISTER, H. & E. GARVE (1986): *Lebensraum Acker*. Hamburg: Parey
- JAX, K. (1999): Natürliche Störungen: ein wichtiges Konzept für Ökologie und Naturschutz? *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **7**, 241-253
- JEDICKE, E. (1989): *Brachland als Lebensraum*. Ravensburg: Otto Maier
- KLEINWÄCHTER, M. (2007): *Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) in dynamischen Uferlebensräumen der Elbe*. Dissertation, TU Braunschweig
- KNIE, J. (1975): Vergleichend-ökologische Untersuchungen der Carabidenfauna verschiedener Standorte des Kottenforstes bei Bonn. *Decheniana* **128**, 3-19
- KÖHLER, F. & B. KLAUSNITZER (Hrsg.) (1998): *Verzeichnis der Käfer Deutschlands*. Dresden
- KÜSTER, H. (1996): *Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa: von der Gegenwart bis zur Eiszeit*. Münster: Beck
- MSWWF NRW, Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes NRW (Hrsg.) (1999): *Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule Richtlinien und Lehrpläne - Biologie*. Düsseldorf: Ritterbach Verlag
- MÜHLENBERG, M. & J. SLOWIK (1997): *Kulturlandschaft als Lebensraum*. Wiesbaden: Quelle & Meyer
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (Hrsg.) (2004): *Bd. 2 Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer)*. München: Spektrum
- MÜLLER, H.J. & R. BÄHRMANN (Hrsg.) (1995): *Bestimmung wirbelloser Tiere: Bildtafeln für zoologische Bestimmungsübungen und Exkursionen*. Jena: Fischer
- NENTWIG, W., S. BACHER, C. BEIERKUHNEIN, R. BRANDL & G. GRABHERR (2004): *Ökologie*. Heidelberg: Spektrum
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (1999): *Rahmenrichtlinien für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg: Biologie*. Hannover
- RATHS, U. & U. RIECKEN (1999): *Laufkäfer (Col.: Carabidae) im Drachenfelder Ländchen: Raumeinbindung und Biotopnutzung sowie Aspekte zur Methodenoptimierung und Landschaftsentwicklung (Tierwelt in der Zivilisationslandschaft - Teil III)*. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz
- RUDZINSKI, H.-G. (1986): *Ökologische Vielfalt im Lebensraum Hecke*. *Unterricht Biologie* **10**, 39-46

- SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik. Berlin: Springer
- SCHAEFER, M. (Hrsg.) (2000): Brohmer, Fauna von Deutschland: ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt. Wiebelsheim: Quelle & Meyer
- STREETER, D., R. RICHARDSON & W. DREYER (1985): Hecken, Lebensadern der Landschaft. Hildesheim: Gerstenberg
- STRESEMANN, E., H.-J. HANNEMANN, B. KLAUSNITZER & K. SENGLAUB (Hrsg.) (2000): Exkursionsfauna von Deutschland, Bd. 2: Wirbellose: Insekten. Heidelberg: Spektrum
- THIELE, H.U. (1964): Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Coleopteren einer Heckenlandschaft. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere **53**, 537-586
- THIELE, H.U. (1977): Carabid Beetles in Their Environments. Berlin: Springer
- TISCHLER, W. (1980): Biologie der Kulturlandschaft. Stuttgart: Fischer
- TRAUTNER, J. & K. GEIGENMÜLLER (1987): Sandlaufkäfer, Laufkäfer: Illustrierter Schlüssel zu den Cicindelidae und Carabidae Europas. Nördlingen: Margraf
- TURIN, H. (2000): De Nederlandse Loopkevers - Verspreiding en oecologie. Leiden: Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis
- TURIN, H., L. PENEV & A. CASALE (2003): The Genus Carabus in Europe. Sofia: Pensoft
- WACHMANN, E., R. PLATEN & D. BARNDT (1995): Laufkäfer. Augsburg: Naturbuch Verlag
- WEBER, F. & U. HEIMBACH (2001): Behavioural, reproductive and developmental seasonality in *Carabus auronitens* and *C. nemoralis* (Col., Carabidae). Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **382**, 3-192

## Anhang

Die Auswahl der im Bestimmungsschlüssel berücksichtigten Arten erfolgte nach ACKERMANN (1991), FIDORRA & MARQUARDT (1994), GLÜCK & KREISEL (1986), KNIE (1975), RATHS & RIECKEN (1999) und THIELE (1964, 1977).

Der Bestimmungsschlüssel ist als Zusatzmaterial zu diesem Beitrag unter <http://miami.uni-muenster.de> als Datei (pdf) erhältlich.

In der folgenden Tabelle (Tab. 7) sind Informationen zur Größe, zum Vorkommen und zur Biotopbindung ebenso wie zum Fortpflanzungstyp und zur Flügelausprägung der im Bestimmungsschlüssel berücksichtigten Arten zusammengestellt.



**Tab. 7:** Hauptlebensräume und Aspekte der Biologie ausgewählter Laufkäferarten. Angaben zur Biologie nach BARNDT et al. (1991), DEN BOER (1977), DEN BOER & VAN DIJK (1996), MÜLLER-MOTZFELD (2004), TURIN (2000), WEBER & HEIMBACH (2001). Verwendete Abkürzungen: Fortpflanzungstyp (vereinfachte Einteilung): F: Frühjahrsbrüter mit Sommerlarven, H: Herbstbrüter mit Winterlarven, m: mehrjährige Entwicklung mit komplexem Fortpflanzungszyklus; Flügelausprägung: br: brachypter, di: dimorph, ma: macropter; Biotopbindung: st: stenök, eu: euryök.

Art	Größe [mm]	Vorkommen	Biotopbindung	Fortpflanzungstyp	Flügelausprägung
<i>Abax ovalis</i>	11-15	Kühle, feuchte Laubwälder	st	m	br
<i>Abax parallelepipedus</i>	16-21	Laubwälder, Wald-ränder, Hecken	eu	m	br
<i>Abax parallelus</i>	13-17	Feuchte Laubwälder	st	m	br
<i>Agonum fuliginosum</i>	6-7	Feucht- und Nasswälder, Schilf und Seggenried	eu	F	di
<i>Agonum muelleri</i>	7-9	Äcker, sonst in vielen weiteren Lebensräumen vorkommend	eu	F	ma
<i>Agonum viduum</i>	7-9	Gewässerufer	st	F	ma
<i>Anisodactylus binotatus</i>	9-13	Ruderalflächen, Heiden, Äcker, Trockenhänge, Waldränder	eu	F	ma
<i>Badister bullatus</i>	4,8-6,0	Laubwälder, sonst in vielen weiteren Lebensräumen vorkommend	eu	F	ma
<i>Bembidion lampros/properans</i>	3,0-4,5	Äcker, Flussniederungen, offene Lebensräume	eu	F	di
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	2,8-3,5	Äcker, Flussniederungen, offene Lebensräume	eu	F	ma
<i>Bembidion tetracolum</i>	4,9-6,1	Äcker, sonst in vielen weiteren Lebensräumen vorkommend	st	F	di
<i>Broscus cephalotes</i>	11-22	Äcker, Ruderalflächen		H	ma

<i>Calathus fuscipes</i>	9-14	Äcker, Heiden, Trockenhänge, Sandgruben	eu	H	di
<i>Calathus melanocephalus</i>	6-9	Äcker, Wiesen, sonnige Stellen von Wäldern und Ufern	eu	H	di
<i>Calathus micropterus</i>	6-9	Misch- und Kiefern-wälder, Moore, Heiden, Dünen	eu	H	br
<i>Calosoma inquisitor</i>	13-22	Laubwälder, Gehölze und Gärten	st	F	ma
<i>Carabus auratus</i>	17-30	Lehmige Äcker, trockene Flussauen und Waldränder	st	F	br
<i>Carabus auronitens</i>	18-32	Feuchte Laub- und Mischwälder	st	F	br
<i>Carabus cancellatus</i>	17-32	Äcker, Feldraine, Ödland, Heiden, Wiesen, Kahlschläge, lichte Laubwälder	eu	m	br
<i>Carabus coriaceus</i>	30-40	Laubwälder, Kiefern-mischwälder, Gärten, Hecke	st	m	br
<i>Carabus glabratus</i>	22-35	Lichte, feuchte Laub- und Mischwälder	st	H	br
<i>Carabus granulatus</i>	16-33	Feuchte bis nasse Laub-, Au- und Bruchwälder, Feuchtwiesen, Äcker	eu	F	di
<i>Carabus nemoralis</i>	18-28	Wälder aller Typen, Hecken, Gärten, Heiden, Äcker	eu	F	br
<i>Carabus problematicus</i>	20-30	(trockene) Nadel- und Laubwälder, Hecken	eu	H	br
<i>Carabus purpurascens/violaceus</i>	22-35	Lichte, trockene Wälder, offenes Gelände	st	H	br
<i>Clivina fossor</i>	5,0-6,5	Äcker, Wiesen, Ufer, Moore	eu	F	di
<i>Cychrus caraboides</i>	12,5-20	Feuchte Laub- und Nadelwälder	eu	F	br

<i>Demetrias atricapillus</i>	4,5-6	Feuchte Wiesen, offene Lebensräume, dort unter faulenden Pflanzen	eu	F	ma
<i>Dromius melanocephalus</i>	2,5-3,5	Äcker, Wiesen, Heiden, Sümpfe, Flussauen, feuchte Waldränder	eu	F	ma
<i>Leistus ferrugineus</i>	5,5-7,0	Lehmig-sandige Äcker, feuchte Ruderalflächen, Waldränder, Heiden	eu	H	br
<i>Leistus rufomarginatus</i>	7,5-9,5	Feuchte Laubwälder, Wiesen	eu	H	ma
<i>Loricera pilicornis</i>	6-8	feuchte Äcker, Wiesen, Laub- und Auwälder, Fluss- und Seeufer, Moore	eu	F	ma
<i>Molops piceus</i>	9-14	Kühle Feuchte Laubwälder, Hecken	st	F	br
<i>Nebria brevicollis</i>	10-13	Laubwälder, Hecken, Gärten	eu	H	ma
<i>Panagaeus cruxmajor</i>	7,5-9,0	Sumpfige Wiesen und Wälder, Ufer	st	F	ma
<i>Patrobus atrorufus</i>	7,0-9,5	Feuchte bis nasse Wälder und Gehölze, Auwälder, verschlammte Ufer	st	H	di
<i>Platynus assimilis</i>	10-12	Feuchte bis nasse Laub- und Bruchwälder, Hecken	st	F	ma
<i>Platynus dorsalis</i>	5,8-7,5	Äcker, Wiesen, Gärten		F	ma
<i>Poecilus cupreus</i>	9-13	Äcker, Ruderalflächen, Feuchtwiesen	eu	F	ma
<i>Poecilus versicolor</i>	8,0-11,5	Äcker, Wiesen, Ruderalflächen, Heiden	eu	F	ma
<i>Pterostichus madidus</i>	13-18	Wärmere, trockene Wälder, trockene Wiesen, Äcker	eu	H	br

<i>Pterostichus melanarius</i>	13-17	Lehmige Äcker, feuchte Waldränder, Wiesen	eu	H	di
<i>Pterostichus niger</i>	15-21	Weniger feuchte Mischwälder, Äcker, Ufer, Heiden	eu	H	di
<i>Pterostichus nigrir/rhaeticus</i>	8,5-12,0	Gewässerufer, Sümpfe, Moore, Erlenbrüche, Wiesen	eu	F	ma
<i>Pterostichus oblongpunctatus</i>	9-12	Trockene bis mäßig feuchte Laub- und Nadelwälder	eu	F	di
<i>Pterostichus strenuus</i>	5-7	Wälder, lehmige Äcker, Wiesen, Seeufer, Sümpfe, Moore	eu	F	di
<i>Pterostichus vernalis</i>	6,0-7,3	Sumpfige Wiesen, lehmige Äcker, feuchte Wälder	eu	F	di
<i>Syntomus foveatus</i>	3,1-3,8	Heide, sonnenexponierte Sand- und Kiesböden	eu	F	di
<i>Synuchus vivalis</i>	6-9	Ruderalfluren, offenes, mäßig beschattetes Gelände	eu	H	di

## Verfasser

Dr. Claudia Drees, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Universität Lüneburg, 21314 Lüneburg. E-mail: [cdrees@uni-lueneburg.de](mailto:cdrees@uni-lueneburg.de)

## Danksagung

Das Kursprogramm wurde in Zusammenarbeit mit Herrn M. FREIBURG (Universität Münster) wiederholt durchgeführt. Für diese Möglichkeit möchte ich mich bedanken. Für hilfreiche Anmerkungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanke ich mich bei K. HAGEN (TU Braunschweig), A. MATERN (Universität Lüneburg), H. TERLUTTER (Westfälisches Museum für Naturkunde, Münster) und M. FREIBURG. Wertvolle Hinweise für die Zusammenstellung des Bestimmungsschlüssels gaben H. TERLUTTER und H.-O. REHAGE (Münster). Einige Zeichnungen fertigte K. HAGEN an. M. KLEINWÄCHTER (TU Braunschweig) stellte bisher unveröffentlichte Daten zur Verfügung.

1	Gesamtlänge des Käfers kleiner als 5 mm.....	68
1*	Käfer größer.....	2
2	Gesamtlänge des Käfers zwischen 5 und 9,5 mm .....	42
2*	Käfer größer.....	3
3	Gesamtlänge des Käfers zwischen 9,5 und 13 mm .....	28
3*	Käfer größer.....	4
4	Gesamtlänge des Käfers zwischen 13 und 18 mm .....	18
4*	Käfer größer als 18 mm .....	5
5	1. bis 4. Fühlerglied unbehaart (Abb. 1), höchstens mit wenigen längeren Borsten versehen .....	6
5*	4. Fühlerglied dicht mit feinen Haaren besetzt (Abb. 2). Über den Augen 2 Borsten (Abb. 3), möglicherweise abgebrochen, aber vertiefte Ansatzpunkte immer sichtbar .....	16
6	Käfer grüngoldig, rotgoldig, kupfrig oder bronzefarben glänzend. Flügeldecken mit deutlicher Skulpturierung: je Flügeldecke mit 3 erhabenen (hervortretenden) Rippen, zwischen denen die Flügeldecken entweder glatt sind (Abb. 4) oder weitere, aber unterbrochene und nicht so stark hervortretende Rippen liegen (Abb. 5).....	7
6*	Käfer matt oder glänzend schwarz. Flügeldecken glatt oder mit nur schwacher Skulpturierung .....	10
7	Käfer grün- oder rotgoldig glänzend. Jede Flügeldecke mit 3 erhabenen Rippen ohne weitere Skulpturierung im Zwischenraum (Abb. 4) .....	8
7*	Käfer kupfrig glänzend mit Rot- oder Grünglanz oder matter bronzefarben. Jede Flügeldecke mit 3 erhabenen Rippen, zwischen denen weitere, wenig stark hervortretende, unterbrochene Rippen liegen (Abb. 5).....	9
8	Rippen auf den Flügeldecken schwarz. Schienen schwarz. 1. Fühlerglied braun-orange. Käfer mehr oder weniger zweifarbig rot-grün glänzend ..... <b>Goldglänzender Laufkäfer</b> ..... <i>Carabus auronitens</i>	
8*	Rippen auf den Flügeldecken grün. Schienen braun-orange. 1. bis 4. Fühlerglied braun-orange. Käfer grünglänzend ..... <b>Goldschmied</b> ..... <i>Carabus auratus</i>	
9	1. Fühlerglied braun-orange. Käfer mit rotem oder grünem leuchtendem Kupferglanz .....	<b>Körnerwarze</b> ..... <i>Carabus cancellatus</i>
9*	1. Fühlerglied dunkel. Käfer bronzefarben oder kupfrig glänzend, selten grünlich..... <b>Gekörnter Laufkäfer</b> ..... <i>Carabus granulatus</i>	
10	Oberfläche des Käfers glatt, ohne erkennbare Struktur. Käfer schwarz glänzend oder matt.....	11
10*	Oberfläche des Käfers mit schwacher, regelmäßiger oder unregelmäßiger Skulpturierung .....	12
11	Käfer mit deutlich ausgeprägter „Wespentaille“ (Abb. 6). Kopf und Halsschild glänzend schwarz, Flügeldecken seidig glänzend. Käfer bis max. 22 mm lang .....	<b>Kopfkäfer</b> ..... <i>Brosicus cephalotes</i>
11*	Halsschild am Hinterende an jeder Seite flügelähnlich ausgezogen und dadurch verlängert (Abb. 7). Halsschild z.T. schwarz-bläulich bereift. Käfer sonst schwarz, seidig glänzend. 22 bis 35 mm .....	<b>Glatter Laufkäfer</b> ..... <i>Carabus glabratus</i>

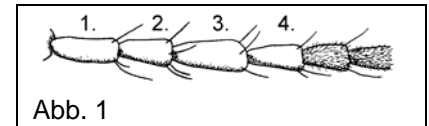


Abb. 1

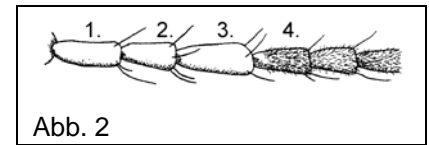


Abb. 2

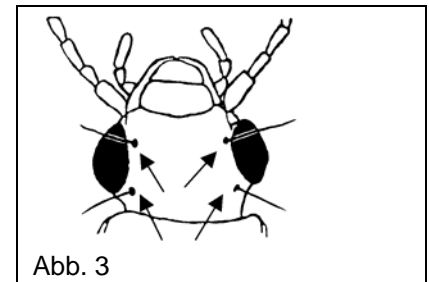


Abb. 3

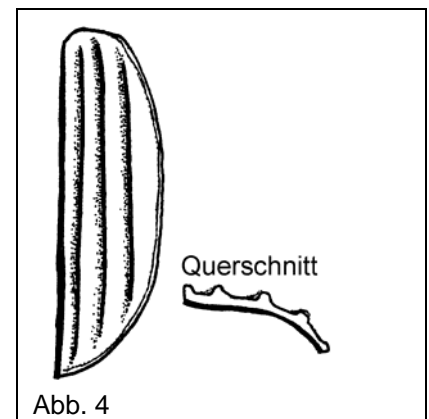


Abb. 4

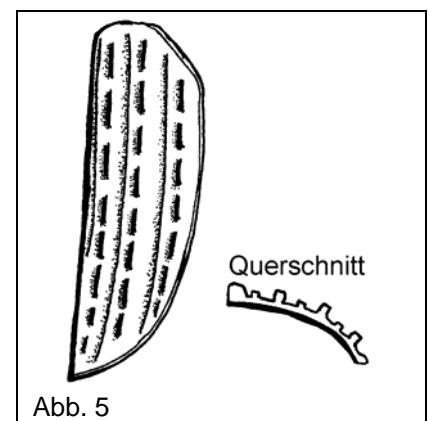


Abb. 5

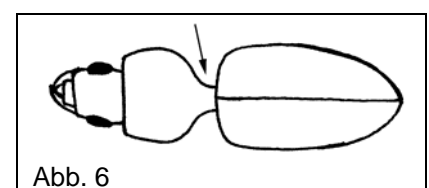


Abb. 6

- 12 Käfer kleiner: 13 bis 22 mm. Mandibeln schräg gerunzelt (Abb. 8). Käfer mit deutlich ausgeprägten „Schultern“ (ausgeprägte Vorderecken der Flügeldecken, Abb. 9). Halsschild mit insgesamt quer-ovalem Umriss, ohne flügelähnliche seitliche Fortsätze an Hinterenden (Abb. 9).  
..... **Kleiner Puppenräuber**  
..... *Calosoma inquisitor*
- 12\* Käfer größer: 18 bis 40 mm. Mandibeln mehr oder weniger glatt. Flügeldecken ohne ausgeprägte Schultern, mit insgesamt lang-ovalem Umriss ..... 13
- 13 Flügeldecken matt schwarz, unregelmäßig grob gerunzelt. Kein Farbglanz an Flügeldecken- oder Halsschildseitenrändern. Käfer sehr groß: 30 bis 40 mm..... **Lederlaufkäfer**  
..... *Carabus coriaceus*
- 13\* Meist mit blauem, violett, grünem oder rötlichem Metallglanz an Halsschild- oder Flügeldeckenseitenrändern. Skulpturierung der Flügeldecken feiner, feine Rillen und/oder feine Grübchen in reihenförmiger Anordnung (Abb. 10). Käfer kleiner: 18 bis 35 mm ..... 14
- 14 Käfer glänzend blauschwarz. Flügeldecken fein längsgerippt, einige Längsrippen nicht durchgehend sondern unterbrochen (Abb. 5). 20 bis 30 mm ..... **Blauvioletter Waldlaufkäfer**  
..... *Carabus problematicus*
- 14\* Käfer nur am Halsschild- und Flügeldeckenseitenrand blau, violett, grünlich oder rötlich glänzend ..... 15
- 15 Flügeldecken mit (feinen) Grübchen, in Reihen angeordnet (Abb. 10). Halsschild breiter als lang. Ränder des Halsschildes blau, violett, grünlich oder rötlich. Flügeldecken meist bronzefarben glänzend, mit ebenfalls farbigen Rändern  
..... **Hainlaufkäfer**  
..... *Carabus nemoralis*
- 15\* Flügeldecken ohne Grübchen, nur mit schwacher rillenförmiger oder unregelmäßiger Skulpturierung. Halsschild so breit wie lang. Flügeldeckenseitenränder violett oder bläulich oder grünlich glänzend ..... **Goldleiste**  
..... *Carabus violaceus/C. purpurascens*
- 16 Flügeldecken mit Porenpunkten im 3. Flügeldeckenzwischenraum ..... 17
- 16\* Flügeldecken ohne Punkte im 3. Flügeldeckenzwischenraum, 7. Flügeldeckenzwischenraum zur Flügeldeckenbasis hin kielartig aufgewölbt ..... **Großer Breitäfer**  
..... *Abax parallelepipedus*
- 17 Klauenglieder unterseits kahl (Abb. 11 oben)  
..... **Großer Grabkäfer**  
..... *Pterostichus niger*
- 17\* Klauenglieder unterseits mit einigen Borsten (Abb. 11 unten)  
..... **Gemeiner Grabkäfer**  
..... *Pterostichus melanarius*
- 18 1. bis 4. Fühlerglied unbehaart, höchstens mit einzelnen längeren Borsten versehen (Abb. 1) ..... 19
- 18\* 4. Fühlerglied dicht mit feinen Haaren besetzt (Abb. 2). 2 Augenborsten (Abb. 3)..... 21

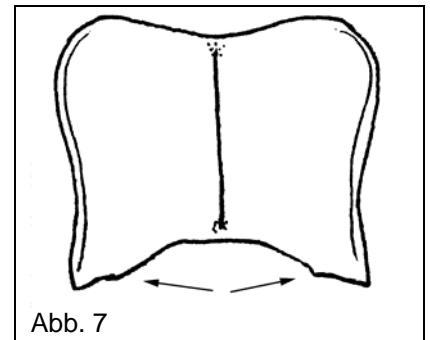


Abb. 7

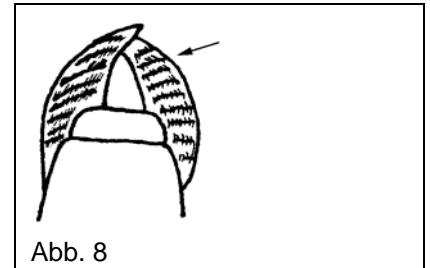


Abb. 8

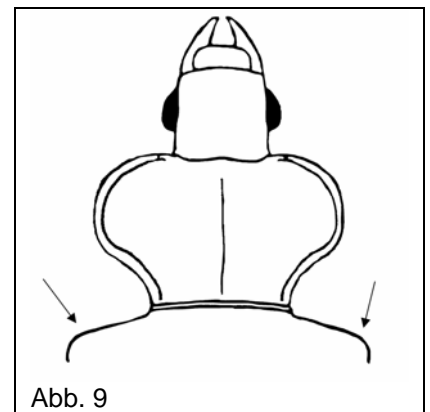


Abb. 9

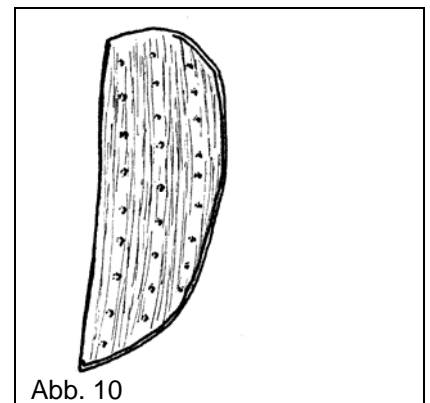


Abb. 10

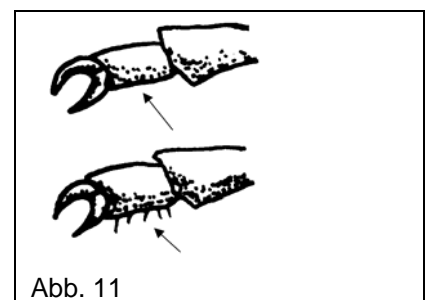


Abb. 11

- 19 Flügeldecken mit deutlicher Skulpturierung: auf jeder Flügeldecke 3 erhabene Rippen zwischen denen unterbrochene Rippen liegen (Abb. 5). Halsschild am Ende beiderseits flügelartig verlängert (Abb. 7). Käfer mit Bronzeglanz  
..... **Gekörnter Laufkäfer**  
..... *Carabus granulatus*
- 19\* Flügeldecken gerunzelt oder mit feinen Längsrillen ..... 20
- 20 Flügeldecken gerunzelt. Käfer schwarz, ohne Metallglanz. Hinterhüften berühren einander nicht (Abb. 12). Kopf sehr schmal, Mandibeln langgezogen. Endglieder von Kiefer- und Lippentaster schaufelförmig verbreitert (Abb. 14).  
..... **Gewöhnlicher Schauffelläufer**  
..... *Cychrus caraboides*
- 20\* Flügeldecken mit feinen Längsrillen. Käfer mit Bronzeglanz. Hinterhüften berühren einander in einem Punkt (Abb. 13). Mandibeln querverunzelt (Abb. 8). ..... **Kleiner Puppenräuber**  
..... *Calosoma inquisitor*
- 21 1. bis 3. Fühlerglied unbehaart, höchstens mit einzelnen längeren Borsten versehen (Abb. 2). Tarsen oberseits kahl ..... 22
- 21\* nur 1. und 2. Fühlerglied unbehaart, höchstens einzelne längere Borsten. Behaarung der Antenne beginnt auf dem 3. Glied (Abb. 15). Tarsen oberseits mit dichter Behaarung  
..... **Pechfarbiger Striemenkäfer**  
..... *Molops piceus*
- 22 im 3. Flügeldeckenzwischenraum Porenpunkte ..... 26
- 22\* im 3. Flügeldeckenzwischenraum keine Poren ..... 23
- 23 Käfer 11 bis 21 mm. Käfer schwarz, kein Metallglanz ..... 24
- 23\* Bis 10 mm, selten größer. Käfer metallisch glänzend. Käfer mit ovalem Umriss (Abb. 16) . ..... **Kanalkäfer**  
..... *Amara*
- 24 Klauenglied unterseits mit Borsten (Abb. 11 unten). Käfer größer: 16 bis 21 mm ..... **Großer Breitkäfer**  
..... *Abax parallelepipedus*
- 24\* Klauenglied unterseits kahl (Abb. 11 oben). Käfer kleiner: 11 bis 17 mm ..... 25
- 25 Halsschildbasis etwa so breit wie breiteste Stelle des Halsschildes. Halsschildbasis so breit wie Flügeldeckenbasis. Käfer dadurch von einheitlich breit-ovaler Körperform  
..... **Ovaler Breitkäfer**  
..... *Abax ovalis*
- 25\* Halsschildbasis wenig schmaler als breiteste Stelle des Halsschildes..... **Paralleler Breitkäfer**  
..... *Abax parallelus*
- 26 Käfer 9 bis 14 mm. Innenkante der Klauen gezähnt (Abb. 17 links) ..... **Rothals-Kahnläufer**  
..... *Calathus melanocephalus*
- 26\* Käfer 13 bis 21 mm. Innenkante der Klauen ganzrandig (Abb. 17 rechts) ..... 27
- 27 Klauenglieder unterseits kahl (Abb. 11 oben)  
..... **Großer Grabkäfer**  
..... *Pterostichus niger*
- 27\* Klauenglieder unterseits mit einigen Borsten (Abb. 11 unten)  
..... **Gemeiner Grabkäfer**  
..... *Pterostichus melanarius*

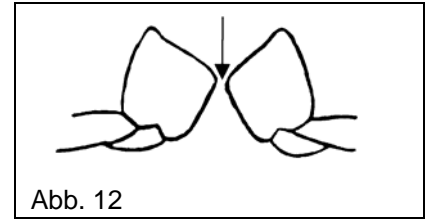


Abb. 12

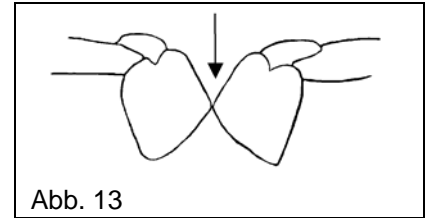


Abb. 13

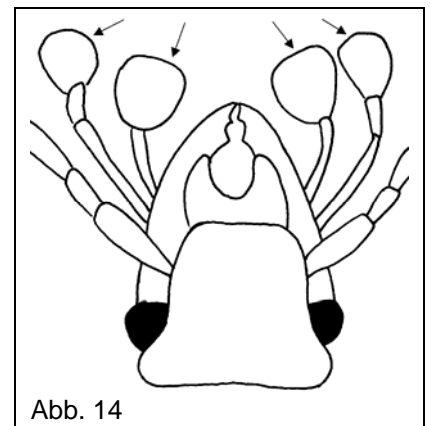


Abb. 14

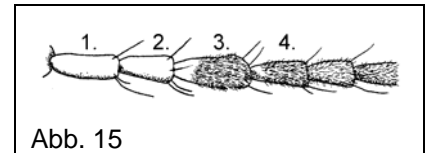


Abb. 15

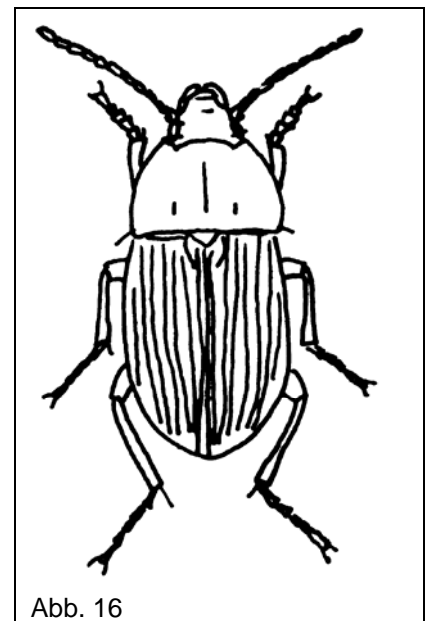


Abb. 16

- 28 1. bis 4. Fühlerglied unbehaart, höchstens mit einzelnen längeren Borsten versehen (Abb. 1) ..... 29
- 28\* 4. Fühlerglied dicht mit feinen Haaren besetzt ..... 31
- 29 Flügeldecken mit Längsrillen. Käfer kleiner: 10 bis 13 mm. Halsschildseitenrand mit deutlichem Randwulst. Mandibeln mit je 1 Borste (Abb. 18) ..... **Gewöhnlicher Dammläufer**  
.....*Nebria brevicollis*
- 29\* Flügeldecken glatt oder unregelmäßig gerunzelt. Käfer größer: 11 bis 22 mm. .... 30
- 30 Flügeldecken gerunzelt. Käfer schwarz, ohne Metallglanz. Hinterhüften berühren einander nicht (Abb. 12). Kopf sehr schmal, Mandibeln langgezogen. Endglieder von Kiefer- und Lippentaster schaufelförmig verbreitert (Abb. 14) ..... **Gewöhnlicher Schaufelläufer**  
.....*Cychrus caraboides*
- 30\* Flügeldecken glatt, seidig glänzend. Kopf und Halsschild glänzend schwarz. Käfer mit deutlich ausgeprägter „Wespentaille“ (Abb. 6). Käfer bis max. 22 mm lang ..... **Kopfkäfer**  
.....*Brosicus cephalotes*
- 31 1. bis 3. Fühlerglied unbehaart, höchstens mit einzelnen längeren Borsten besetzt. Tarsen oberseits kahl ..... 34
- 31\* nur 1. und 2. Fühlerglied unbehaart, höchstens einzelne längere Borsten, 3. Fühlerglied teilweise behaart (Abb. 15) ... 32
- 32 2 Augenborsten (Abb. 3). Halsschild an der Basis deutlich schmaler als an breitester Stelle. Flügeldecken ohne kurze, helle oder rötliche Behaarung, nur am Außenrand einzelne Borsten ..... **Pechfarbiger Striemenkäfer**  
.....*Molops piceus*
- 32\* 1 Augenborste (Abb. 19). Halsschildbasis nur wenig schmaler als breiteste Stelle. Flügeldecken im hinteren Teil dicht und hell oder rötlich kurz behaart ..... 33
- 33 Käfer schwarz. Auf Kopfoberseite rötliche(r) Fleck(en) (Abb. 20). 1. Hintertarsenglied etwa so lang wie 2. und 3. zusammen ..... **Schwarzer Schmuckläufer**  
.....*Anisodactylus binotatus*
- 33\* Käfer matt schwarz, Kopf einheitlich schwarz ..... **Schnellläufer**  
.....*Harpalus*
- 34 3. Flügeldeckenzwischenraum ohne Poren. Käfer mit einheitlich ovalem Umriss (Abb. 16)..... **Kanalkäfer**  
.....*Amara*
- 34\* 3. Flügeldeckenzwischenraum mit Porenpunkten. Käfer schwarz oder mit Metallglanz. Metallisch glänzende Arten mit einheitlichem Umriss haben gekielte Fühlergrundglieder (Abb. 21) ..... 35
- 35 Käfer metallisch glänzend (grünlich, rötlich, kupfrig oder bronzefarben) ..... 36
- 35\* Käfer ohne Metallglanz ..... 38
- 36 Flügeldecken im 3. Flügeldeckenzwischenraum mit 3 bis 7 deutlich vertieften Porenpunkten. Schwach bronzefarben. 1. bis 3. Fühlerglied drehrund ..... **Waldgrabkäfer**  
.....*Pterostichus oblongopunctatus*
- 37\* Flügeldecken dort mit undeutlichen und weniger Porenpunkten. Kupfrig rot oder grünlich gefärbt. 1. bis 3. Fühlerglied gekielt (Abb. 21)..... 37

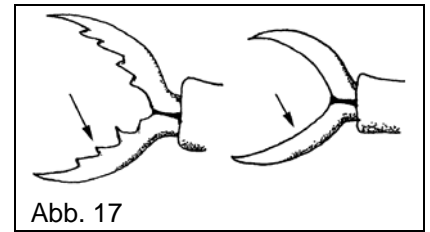


Abb. 17

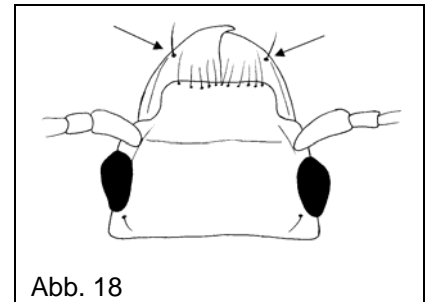


Abb. 18

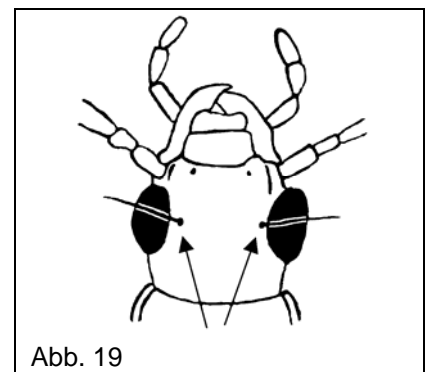


Abb. 19

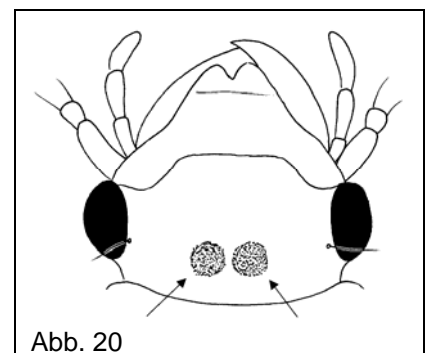


Abb. 20

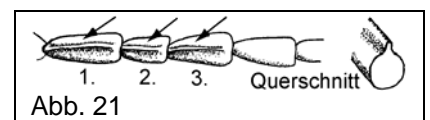


Abb. 21



- 37 Innenseite der Hinterschienen mit einer Reihe von 8 bis 10 hellen, haarartigen Borsten (Abb. 22 links). Beine rot oder schwarz. 9 bis 13 mm ..... **Kupferfarbener Buntgrabläufer**  
.....*Poecilus cupreus*
- 37\* Innenseite der Hinterschienen mit 5 bis 7 kräftigen Borsten (Abb. 22 rechts). Beine immer schwarz. 8 bis 11,5 mm ..... **Verschiedenfarbiger Buntgrabläufer**  
.....*Poecilus versicolor*
- 38 Käfer mit einheitlich ovalem Umriss. 3. Flügeldeckenzwischenraum ohne Porenpunkte ..... **Ovaler Breitäufer**  
.....*Abax ovalis*
- 38\* 3. Flügeldeckenzwischenraum mit Porenpunkten ..... 39
- 39 Flügeldecken mit 3 bis 7 deutlich vertieften Porenpunkten. Bronzefarben. 3. Fühlerglied drehrund ..... **Waldgrabkäfer**  
.....*Pterostichus oblongopunctatus*
- 39\* Flügeldecken mit undeutlichen und weniger Porenpunkten .... 40
- 40 Innenkante der Klauen gezähnt (Abb. 17 links) ..... **Rothals-Kahnläufer**  
.....*Calathus melanocephalus*
- 40\* Innenkante der Klauen ganzrandig (Abb. 17 rechts) ..... 41
- 41 Halsschild mit ausgeprägten Hinterecken (Abb. 23) ..... **Schwärzlicher Grabkäfer**  
.....*Pterostichus nigrita/rhaeticus*
- 41\* Halsschild am Ende verrundet (Abb. 24) ..... **Schwarzer Enghalskäfer**  
.....*Platynus assimilis*
- 42 Käfer mehrfarbig ..... 43
- 42\* Käfer einfarbig ..... 48
- 43 Kopf deutlich andersfarbig als Halsschild ..... 44
- 43\* Kopf schwarz oder braun. Halsschild hellbraun oder rotbraun. 46
- 44 Kopf dunkel, restlicher Käfer heller braun (honigfarben) ..... **Halmläufer**  
.....*Demetrias atricapillus*
- 44\* Flügeldecken dunkler gefärbt als Halsschild, mit oder ohne Musterzeichnung ..... 45
- 45 Flügeldecken ohne Musterzeichnung ..... **Rothals-Kahnläufer**  
.....*Calathus melanocephalus*
- 45\* Flügeldecken mit braun/rot-schwarzer Musterzeichnung ..... **Zweifleck-Wanderkäfer**  
.....*Badister bipustulatus*
- 46 Käfer deutlich grob punktiert. Flügeldecken mit rot-schwarzer Musterzeichnung und mit dichter, auffälliger heller Behaarung ..... **Sumpf-Kreuzläufer**  
.....*Panagaeus cruxmajor*
- 46\* Flügeldecken ohne dichte, helle Behaarung ..... 47
- 47 Halsschild länger als breit. Kopf und Halsschild grünlich metallisch glänzend. Flügeldeckenbasis beige-braun. Flügeldecken mit (z.T. undeutlicher) Musterzeichnung ..... **Bunter Enghalsläufer**  
.....*Platynus dorsalis*
- 47\* Halsschild breiter als lang. Flügeldecken mit Musterzeichnung ..... **Gewöhnlicher Ufer-Ahlenläufer**  
.....*Bembidion tetracolum*

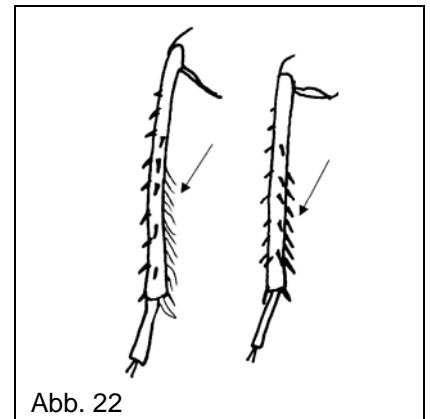


Abb. 22

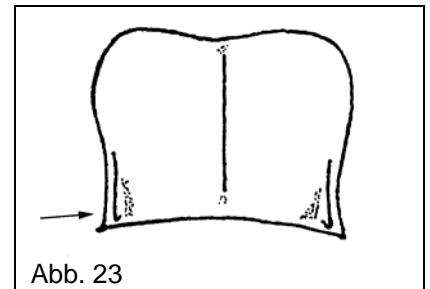


Abb. 23

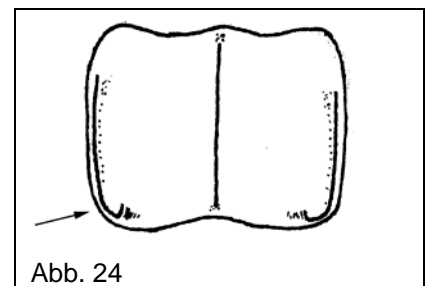


Abb. 24

48	2. bis 5. Fühlerglied mit mehreren langen auffälligen Borsten, die länger sind als die Fühlerglieder selbst (Abb. 25)	
	..... <b>Borstenhornläufer</b>	
	..... <i>Loricera pilicornis</i>	
48*	2. bis 5. Fühlerglied kahl oder behaart, keine so langen Borsten	49
49	1. bis 4. Fühlerglied kahl, höchstens mit einzelnen längeren Borsten (Abb. 1)	50
49*	4. Fühlerglied dicht mit feinen Haaren besetzt	54
50	Käfer klein: 3,5 bis 5,5 mm. Augen sehr groß (nehmen an ihrer breitesten Stelle nahezu die Hälfte des Kopfes ein – Kopf wirkt deshalb fliegenartig, Abb. 26). Halsschild und Flügeldecken metallisch glänzend	
	..... <b>Laubläufer</b>	
	..... <i>Notiophilus</i>	
50*	Käfer größer: 5,5 bis 9,5 mm	51
51	Halsschild zur Basis nur wenig schmaler werdend. Käfer glänzend dunkelbraun gefärbt	
	..... <b>Scheibenhalskäfer</b>	
	..... <i>Synuchus vivalis</i>	
51*	Halsschild zur Basis nur fast halb so breit wie an breitester Stelle. Käfer rötlich oder braun	52
52	Käfer kleiner: 5,5 bis 7 mm. Kopf setzt so an Halsschild an, dass zwischen Hinterrand der Augen und vorderem Halsschildrand etwa eine Augenlänge liegt. Käfer einfarbig rötlich-gelb, ohne Metallglanz	
	..... <b>Gewöhnlicher Bartläufer</b>	
	..... <i>Leistus ferrugineus</i>	
52*	Käfer größer: 7,5 bis 9 mm. Kopf setzt so an Halsschild an, dass zwischen Hinterrand der Augen und vorderem Halsschildrand maximal eine halbe Augenlänge liegt. Halsschild und Flügeldecken schwarz mit hellerem Seitenrand	
	..... <b>Rotrandiger Bartläufer</b>	
	..... <i>Leistus rufomarginatus</i>	
53	3. Fühlerglied kahl, höchstens am Ende mit einzelnen Borsten (Abb. 2)	54
53*	3. Fühlerglied (oder zumindest hintere Hälfte) dicht mit feinen Haaren besetzt (Abb. 15)	63
54	Käfer mit Metallglanz	55
54*	Käfer einfarbig glänzend schwarz	59
55	1. bis 3. Fühlerglied kielartig ausgewölbt (Abb. 21)	56
55*	1. bis 3. Fühlerglied drehrund	57
56	Innenseite der Hinterschienen mit einer Reihe von 8 bis 10 hellen, haarartigen Borsten (Abb. 22 links). Beine rot oder schwarz. 9 bis 13 mm	
	..... <b>Kupferfarbener Buntgräbläufer</b>	
	..... <i>Poecilus cupreus</i>	
56*	Innenseite der Hinterschienen mit 5 bis 7 kräftigen Borsten (Abb. 22 rechts). Beine immer schwarz. 8 bis 11,5 mm	
	..... <b>Verschiedenfarbiger Buntgräbläufer</b>	
	..... <i>Poecilus versicolor</i>	
57	Halsschild zur Basis immer breiter werdend, breiteste Stelle ist Halsschildbasis. Käfer damit von einheitlich ovalem Umriss (Abb. 16)	
	..... <b>Kanalkäfer</b>	
	..... <i>Amara</i>	
57*	Halsschild zur Basis hin schmaler werdend, breiteste Stelle etwa in der Mitte des Halsschildes. Halsschildhinterecken verrundet (Abb. 24)	58

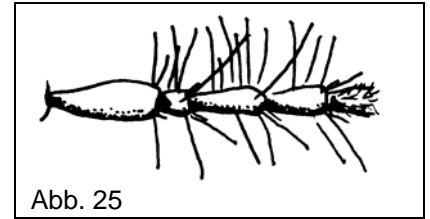


Abb. 25

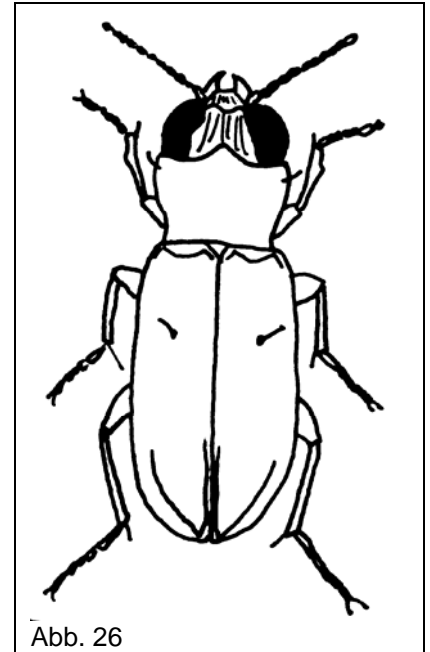


Abb. 26

- 58 Kopf und Halsschild grünlich metallisch glänzend. Flügeldecken grünlich metallisch, bronzefarben oder dunkel erzgrün. Körperanhänge schwarzbraun. 1. Fühlerglied und Schienen heller braun ..... **Müllers Glanzflachläufer**  
..... *Agonum muelleri*
- 58\* Kopf und Halsschild schwarz. Flügeldecken schwarz, manchmal mit dunkel erzgrünem Metallglanz  
..... **Glanzflachläufer**  
..... *Agonum viduum*
- 59 Innenkante der Klauen gezähnt (Abb. 17 links)  
..... **Kleiner Kahnläufer**  
..... *Calathus micropterus*
- 59\* Innenkante der Klauen ganzrandig (Abb. 17 rechts)..... 60
- 60 Halsschildhinterecken spitz (Abb. 23) ..... 61
- 60\* Halsschildhinterecken abgerundet (Abb. 24)  
..... **Glanzflachläufer**  
..... *Agonum viduum*
- 61 Käfer groß: 8,5 bis 12 mm ..... **Schwarzlicher Grabkäfer**  
..... *Pterostichus nigrita/rhaeticus*
- 61\* Käfer klein: 5 bis 7,3 mm ..... 62
- 62 Scutellarstreif vorhanden (Abb. 27 oben)  
..... **Frühlings-Grabkäfer**  
..... *Pterostichus vernalis*
- 62\* kein Scutellarstreif (Abb. 27 unten) ..... **Munterer Grabkäfer**  
..... *Pterostichus strenuus/diligens*
- 63 Vorderbeine zu Grabbeinen umgebildet: Vorderschienen mit kräftigen Fortsätzen (Abb. 28 rechts). Käfer mit deutlicher Einschnürung zwischen Halsschild und Flügeldecken („Wespentaille“, Abb. 6) ..... **Gewöhnlicher Grabspornläufer**  
..... *Clivina fossor*
- 64\* Vorderschienen normal ausgebildet (Abb. 28 links)..... 64
- 64 1 Augenborste (Abb. 19) ..... **Schnellläufer**  
..... *Harpalus*
- 64\* 2 Augenborsten (Abb. 3) ..... 65
- 65 Endglied der Kiefertaster verkleinert (Abb. 29 unten). Käfer bronzemetallisch glänzend. Augen groß. Auf jeder Flügeldecke 2 auffällige Punktgruben ..... **Gelbfüßiger Haarahnenläufer**  
..... *Asaphidion flavipes*
- 65\* Endglied der Kiefertaster normal ausgebildet (Abb. 29 oben) . 66
- 66 Käfer größer: 6 bis 9,5 mm. Käfer schwarz oder schwarz braun. Flügeldeckennahtstreif am Flügeldeckenhinterende nicht nach vorn umgebogen (Abb. 30 rechts) ..... 67
- 66\* Käfer kleiner: 3 bis 6 mm. Gelb bis schwarzbraun. Flügeldeckennahtstreif biegt am Flügeldeckenhinterende nach vorn um, endet auf den Flügeldecken (Trechusbogen, Abb. 30 links) ..... **Flinkläufer**  
..... *Trechus*
- 67 Halsschild mit deutlichen Hinterecken (Abb. 23)  
..... **Schwarzbrauner Grubenhalskäfer**  
..... *Patrobus atrorufus*
- 67\* Halsschildhinterende gerundet (Abb. 24)  
..... **Glanzflachläufer**  
..... *Agonum fuliginosum*
- 68 Käfer deutlich zwei- oder mehrfarbig ..... 69
- 68\* Käfer einfarbig ..... 72

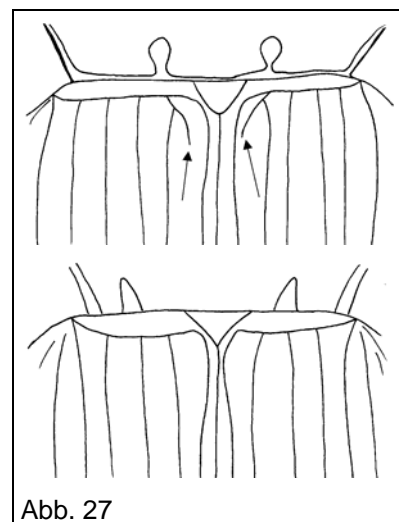


Abb. 27

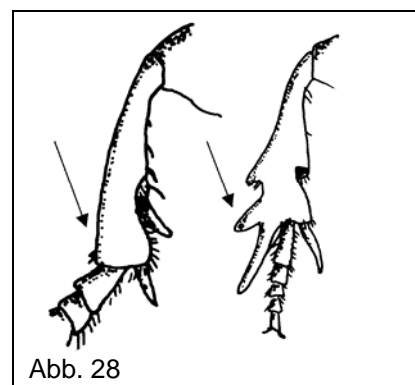


Abb. 28

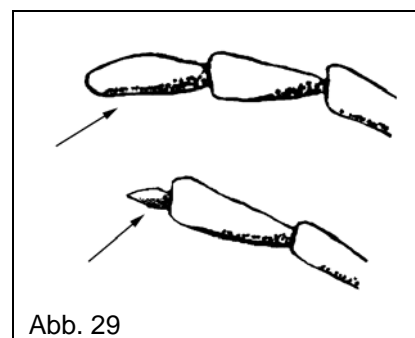


Abb. 29



Abb. 30

- 69 Flügeldecken mit hellerer Musterzeichnung. Kopf und Halsschild annähernd gleich dunkel ..... 70
- 69\* Flügeldecken einheitlich hell. Kopf dunkler als Halsschild ..... 71
- 70 Endglied der Kiefertaster klein (Abb. 29 unten). Augen groß  
..... **Vierfleck-Ahlenläufer**  
..... *Bembidion quadrimaculatum*
- 70\* Endglied der Kiefertaster normal ausgebildet (Abb. 29 oben).  
Augen klein ..... **Buntschnellläufer**  
..... *Acupalpus*
- 71 Halsschild länger als breit ..... **Halmkäfer**  
..... *Demetrias atricapillus*
- 71\* Halsschild breiter als lang ..... **Schwarzkopf-Rindenläufer**  
..... *Dromius melanocephalus*
- 72 Vorderbeine zu Grabbeinen umgebildet: Vorderschienen verbreitert (Abb. 28 rechts). Zwischen Halsschild und Flügeldecken eine deutliche Einschnürung vorhanden („Wespentaille“, Abb. 6). Käfer 2 bis 5 mm ..... **Handläufer**  
..... *Dyschirius*
- 72\* Vorderschienen normal ausgebildet ..... 73
- 73 Endglied der Kiefertaster klein (Abb. 29 unten) ..... 74
- 73\* Endglied der Kiefertaster normal ausgebildet (Abb. 29 oben).. 75
- 74 Käfer kräftig metallisch glänzend. Auf jeder Flügeldecke 2 auffällige Punktgruben ..... **Gelbfüßiger Haarahnenläufer**  
..... *Asaphidion flavipes*
- 74\* Käfer schwarz glänzend. Käfer ohne auffällige Punktgruben.  
Käfer maximal 4,5 mm groß ..... **Feldahlenläufer**  
..... *Bembidion lampros/properans*
- 75 Augen sehr groß (nehmen an ihrer breitesten Stelle nahezu die Hälfte des Kopfes ein – Kopf wirkt deshalb fliegenartig, Abb. 26). Halsschild und Flügeldecken metallisch glänzend  
..... **Laubkäfer**  
..... *Notiophilus*
- 75\* Augen kleiner ..... 76
- 76 Käfer gelb bis schwarzbraun. Flügeldeckennahtstreif biegt am Flügeldeckenhinterende nach vorn um und endet auf den Flügeldecken (Trechusbogen, Abb. 30 links) ..... **Flinkläufer**  
..... *Trechus*
- 76\* kein solcher Trechusbogen ausgebildet (Abb. 30 rechts)  
..... **Zwergstreuläufer**  
..... *Syntomus foveatus*

