

Bioindikation durch Laufkäfer - Beispiele und Möglichkeiten

Jürgen TRAUTNER & Thorsten ABMANN

Einleitung

Bioindikation bedeutet, daß durch Lebewesen oder Gemeinschaften von Lebewesen etwas angezeigt wird (vgl. SCHUBERT 1991: 12). ZEHLIUS-ECKERT (in diesem Band) geht ausführlich auf diesen Begriff, seine Definition und Anwendung ein. Besonders wichtig ist, daß nicht nur Zeiger für anthropogene - vor allem stoffliche - Belastungen als Bioindikatoren bezeichnet werden, sondern der Begriff weiter gefaßt wird und z.B. auch Charakterarten für bestimmte Biotoptypen bzw. Biozönosen (vgl. SCHAEFER 1992) sowie solche Arten und Biozönosen beinhaltet, "aus deren Vorkommen oder Fehlen auf den Grad der Schutzwürdigkeit von Landschaftsausschnitten geschlossen werden kann" (ANL & DAF 1991). Dementsprechend wird nach ihrem Zweck zwischen per se wertfreien Indikatoren - nämlich Zustands- und Klassifikationsindikatoren - sowie den Ziel- und Wertindikatoren unterschieden.

In der Planungspraxis stehen heute zwar häufig die Ziel- und Wertindikatoren im Vordergrund; es darf jedoch nicht verkannt werden, daß es sich bei ihnen im Regelfall gleichzeitig um Zustands- oder um Klassifikationsindikatoren handelt (auf Ebene der Arten z.B. stenotope Auwaldarten mit hohem Gefährdungsgrad).

Da Tierarten eine wesentliche Komponente des Naturhaushaltes darstellen und von entsprechenden Veränderungen betroffen sein können, ist "eine Einbindung (...) und die Berücksichtigung ihrer ökologischen Ansprüche (...) in jedem Einzelfall raum- und umweltrelevanter Planung geboten, unabhängig von ihrem darüber hinaus gehenden Zeigerwert für bestimmte planungsrelevante Standorteigenschaften" (RIECKEN 1992: 12).

Speziell im Hinblick auf landschaftsökologische Parameter wie räumlichen Verbund, Biotopgröße und -tradition sowie raum-zeitliche Dynamik spielt die planungsbezogene Bioindikation durch Tiere ohnehin eine besondere Rolle.

Im folgenden werden Beispiele der Bioindikation durch Laufkäfer vorgestellt, wobei versucht wird, ohne Anspruch auf Vollständigkeit eine möglichst große Bandbreite der Anwendung aufzuzeigen.

1. Pedobiologische Indikatoren

Einen Überblick zu dieser Thematik gibt MÜLLER-MOTZFELD (1989), mit Beispielen für direk-

te und indirekte Indikation sowie einer Auswahl qualitativer Indikatoren spezieller Bodeneigenschaften in den drei Nordbezirken der ehemaligen DDR. Für eine Reihe der dort genannten Laufkäferarten läßt sich ihre Indikatorfunktion ohne Einschränkungen auf andere Regionen übertragen, so z.B. bei spezifischen Sandbewohnern wie *Harpalus melancholicus* und *Harpalus neglectus*. Regional zu differenzieren ist dagegen die Einstufung für andere Arten. Ein Beispiel ist *Calathus ambiguus*, der in den betreffenden drei Nordbezirken ebenfalls als Indikator für Sandböden bewertet wird, in anderen Naturräumen (z.B. innerhalb Süddeutschlands) jedoch auf Löß- oder Kalkscherbenböden auftritt.

Ein besonders bekanntes Beispiel für Indikatorarten unter den Laufkäfern ist der in seinem Gesamtareal tyrophobionte *Agonum ericeti*, für den auch im Laborversuch eine Präferenz niedriger pH-Werte nachgewiesen wurde, die für Hochmoore besonders charakteristisch sind (PAJE & MOSSAKOWSKI 1984). Imagines sind zumindest quantitative Indikatoren für ombrotrophe Standorte (z.B. MOSSAKOWSKI 1970; ABMANN 1982), Larven können als qualitative Indikatoren eingestuft werden. MOSSAKOWSKI (1970) schreibt in seiner Zusammenfassung: "Nur ganz wenige Individuen überschreiten die Mineralbodenwasserzeigergrenze, was auf die große Beweglichkeit dieses Käfers zurückgeführt wird. Larven wurden nur im ombrotrophen Bereich gefunden."

Auch für weitere pedologische Aspekte stellen Laufkäfer sehr gut geeignete Indikatoren dar. So kommt *Carabus irregularis* in Westfalen ausschließlich auf kalkhaltigen Böden des Weserberglandes vor (WEBER 1966); sein Fehlen in den Kalkgebieten des Süderberglandes wird durch die allseitige Umschließung dieser Gebiete von Böden sauren Typs erklärt (GRIES ET AL. 1973). Weitere Beispiele von Arten, die Böden mit saurer oder basischer Reaktion besiedeln, führt HOLDHAUS (1954) an.

Eine längszonale Verbreitung von Uferarten mit hohem Indikationswert zeigt GÜRLICH (1998) an der Laufkäferfauna der Unterelbe auf. Ein Großteil der halobionten Arten wie *Bembidion normannum* sowie der grabende *Dyschirius chaldeus* dringt von der Küste nicht weiter als bis zur Ostemündung und damit bis zum oberen Ende der mixo-polyhalinen bis mixo-mesohalinen Zone der Elbe vor. Der halophile *Bembidion aeneum* erreicht den Übergangsbe-



Abbildung 1

Der halophile und tidenabhängige Laufkäfer *Bembidion maritimum* (alle Fotos: J. TRAUTNER).

reich der mixo-oligohalinen zur limnischen Flußwasserzone (Salzgehalt unter 0,5 Promille) rund 80 km stromaufwärts. Die halophile und tidenabhängige Art *Bembidion maritimum* (Abb. 1) kommt in der limnischen Zone bis Geesthacht (rund 140 km flußaufwärts) vor, wo heute ein Sperrwerk den Tideeinfluß in der Elbe weitgehend begrenzt. Auch an der unteren Ems (vgl. TERLUTTER & AßMANN 1998) weisen die oben genannten *Bembidion*-Arten eine (vom Salzgehalt bzw. Tideneinfluß bedingte) gleichartige räumliche Verteilung auf. Vermutlich besitzen sie einen Indikationswert, der nicht nur regional zutrifft.

Hinzuweisen ist darauf, daß vielfach - wie bei anderen Artengruppen auch - keine Abhängigkeit des Vorkommens oder der Häufigkeit einer Art im Freiland von einem einzelnen Faktor besteht, auch wenn sie diesen indiziert. Neben abiotischen spielen hier auch biotische Faktoren wie Konkurrenz eine Rolle, die z.B. bei uferbewohnenden *Bembidion*-Arten die Substratwahl beeinflussen können (vgl. SOWIG 1986).

2. "Eiszeitrelikte" als Indikatoren

Die Nordgrenze des Vorkommens augenloser, Höhlen- und tiefe Bodenschichten bewohnender Käfer (darunter auch zahlreiche Laufkäfer: Trechinen, Pterostichinen, Anillinen) ist bereits seit längerer Zeit bekannt (HOLDHAUS 1954) und von zahlreichen Autoren bestätigt worden. Diese Grenze wird - wie der übrige Endemismus von Laufkäfern in den "klassischen" Refugialgebieten der Alpen und anderer Gebirge (z.B. das Vorkommen zahlreicher *Trechus*-Arten in den "massifs de refuge" der Südalpen, Karpaten und Pyrenäen) - als Folge der eiszeitlichen Klimaverschlechterung gedeutet (vgl. AßMANN 1995). Südlich dieser Grenze waren auch während der Eiszeiten die klimatischen Bedingungen so günstig, daß diese Arten überleben konnten. Aufgrund der extremen Anpassung an ihren Lebensraum konnten sie sich postglazial nicht oder nur unwesentlich ausbreiten.

Durch die Untersuchungen von MOLENDI (1996) wurde deutlich, daß in Mitteleuropa Kaltzeit-Relik-

te in Kaltluft erzeugenden Blockhalden vorkommen (z.B. *Pterostichus negligens*). Auch wenn noch unklar ist, ob es sich um glaziale, frühe postglaziale oder womöglich sogar präglaziale Relikte handelt, muß aufgrund des geringen Ausbreitungspotentials und der Habitatbindung angenommen werden, daß die Populationen seit vielen Jahrtausenden in den betreffenden Habitaten vorkommen. Damit zeigt das Vorkommen solcher Arten nicht nur in der Gegenwart entsprechende mikroklimatische Bedingungen an, sondern auch deren Kontinuität über einen sehr langen Zeitraum.

3. Palaeo-ökologische Indikatoren

ERVYNCK ET AL. (1994) zeigen an zwei Beispielen von ehemaligen Brunnen aus der römischen Zeit und dem Mittelalter in Belgien auf, wie die Analyse von Laufkäfer-Resten Hinweise auf das damalige Umfeld der Brunnen mit einer möglichen Änderung der Landnutzung zwischen verschiedenen Zeitperioden ergab bzw. zu einer genaueren Kenntnis der Baugeschichte der Kathedrale in Antwerpen beitrug. Vorteilhaft war dabei u.a. die sehr gute Datierung zur Ökologie und Habitatbindung der Laufkäfer in Belgien, aber auch ihre gute Bestimmbarkeit selbst in Form von Fragmenten (vgl. Abb. 2a, b). Durch ihre Laufaktivität auf der Bodenoberfläche sowie die geringe bzw. fehlende Flugfähigkeit einiger Arten kann in historisch-anthropogenen Strukturen wie Brunnen, die als Fallen wirkten, mit einer auswertbaren Ansammlung von Resten gerechnet werden. In der o.g. Arbeit konnten im Falle des einen Brunnens rund 40 Individuen aus 16 Arten, im anderen Fall rund 60 Individuen aus 8 Arten identifiziert werden.

4. Indikatoren für historische Prozesse in Landschaften

Bereits seit langem ist bekannt, daß in stabilen, isolierten Lebensräumen ein Selektionsdruck in Richtung Brachypterie bei genetisch bedingtem Flügeldimorphismus¹⁾ existiert (DARLINGTON 1943; LINDROTH 1949; DEN BOER ET AL. 1980).

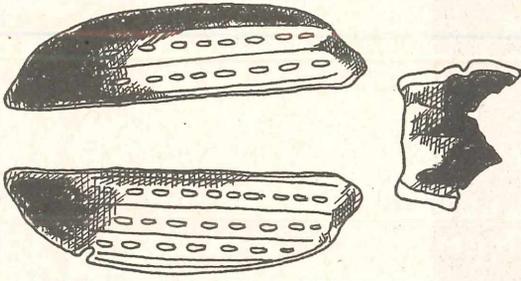


Abbildung 2a

Fragmente von *Carabus granulatus* aus einem römischen Brunnen in Burst/Belgien (Skizze nach einem Foto in ERVYNCK ET AL. 1994).



Abbildung 2b

Carabus granulatus, Lebendaufnahme.

Im Extremfall kommt es zum völligen Verlust makropterer Individuen (BRANDMAYR 1983). Bei dimorphen Arten sind Populationen, die ausschließlich aus brachypteren Individuen aufgebaut werden, mit Sicherheit älter als solche, in denen beide Flügelformen auftreten.

Bei einigen Arten, die nur noch in kleinen Reliktorkommen nachgewiesen werden können, kann die Entwicklung in Richtung Brachypterie vermutlich so weit gehen, daß in Teilen des Verbreitungsgebietes nur noch kurzflügelige Individuen auftreten. Zu diesen Arten gehört *Cymindis macularis*, der aus dem nordwestlichen Mitteleuropa nur in der brachypteren Form bekannt ist, während alte, makroptere Museumsexemplare vorliegen (vgl. AßMANN & FALKE 1997). Solche Arten können als qualitative Indikatoren für eine langfristige Habitatkontinuität angesehen werden.

Alte Populationen besitzen auch drei Reliktarten alter Wälder in Nordwest-Deutschland (*Carabus glabratus*, *Abax ovalis*, *A. parallelus*). Diese Arten sind in ihrem Vorkommen ausschließlich oder ganz überwiegend auf Wälder beschränkt, die bereits bei den ersten genauen kartographischen Bearbeitungen dieser Region (zwischen 1750 und 1800) als Wälder ausgewiesen wurden (AßMANN 1994, Abb. 3a, b). Die meisten Wälder der Norddeutschen Tiefebene wurden erst während der letzten 200 Jahre aufgeforstet oder entstanden durch Sukzession. In solchen Beständen fehlen die Arten weitgehend. Für *Carabus glabratus* ist dieses Verbreitungsbild wahrscheinlich auf ein geringes Ausbreitungspotential zurückzuführen, wie Untersuchungen zum lokomotorischen Verhalten zeigen (AßMANN 1998). Von den landschaftlichen Veränderungen der letzten beiden Jahrhunderte mit dem Entstehen zahlreicher neuer Wälder und der Anlage von Habitatvernetzenden Strukturen (z.B. Hecken) konnten diese Arten - im Gegensatz zu den meisten anderen Waldarten - nicht profitieren. Bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit von Eingriffswirkungen und für die Auswahl von Waldschutzgebieten haben diese Arten eine herausragende Bedeutung (RIECKEN 1997).

Populationen, die solche Habitatsinseln seit längerer Zeit besiedeln, können eine genetische Differenzierung aufweisen, die sich in biometrischen Unterschieden ausdrückt (z.B. *Carabus arcensis* in Schleswig-Holstein: MOSSAKOWSKI 1971; *Carabus auronitens* in Westfalen und Frankreich: TERLUTTER 1991).

Bereits differenzierte Populationen können sich jedoch aus Refugien ausbreiten, wenn die Landschaftsstruktur sich für die betreffende Art positiv entwickelt: So kam *Carabus auronitens* noch vor ca. 100 Jahren in der direkten Umgebung von Münster nicht vor, ist dort jetzt aber sehr häufig. In dieser Region bildet die Art heute einen auffälligen Allelhäufigkeitsgradienten aus, der mit großer Wahrscheinlichkeit durch den Kontakt von zwei zuvor differenzierten Populationen entstanden ist (TERLUTTER 1989; NIEHUES ET AL. 1996).

Diese kleine Auswahl von Beispielen belegt, daß Laufkäfer sich in besonderer Weise als Indikatorgruppe für räumlich-funktionale und besiedlungsgeschichtliche Zusammenhänge in Kulturlandschaften eignen.

5. Indikatoren kurzfristiger klimatischer Veränderungen

MÜLLER-MOTZFELD (1995) setzt sich mit dieser Thematik u.a. an Veränderungen der Laufkäferfauna Mecklenburg-Vorpommerns im Vergleich mit anderen Regionen Mittel- und Westeuropas auseinander. Er postuliert, daß das vorhandene Datenmaterial und das methodische Repertoire der Ökofaunistik bezüglich der Laufkäfer ausreichend sind, um zwischen kurzfristigen Arealschwankungen und langfristigen klimatischen Trends zu unterscheiden. In den beiden letzten Jahrzehnten sind speziell für eine Reihe wärmeliebender oder atlantischer Arten Arealerweiterungen oder eine Zunahme der Häufigkeit in Deutschland festzustellen. Beispiele sind *Diachromus germanus*, *Leistus fulvibarbis* und *Harpalus attenuatus*. Entsprechende chorologische und populationsbiologische Parameter (z.B. Areal-



Abbildung 3a

Carabus glabratus.

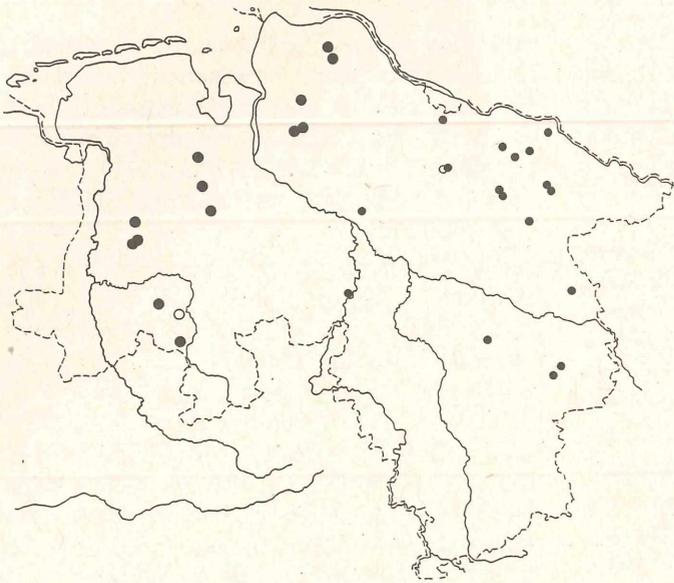


Abbildung 3b

Verbreitung von *Carabus glabratus* im niedersächsischen Tiefland. Gefüllte Kreise kennzeichnen Nachweise aus historisch alten Wäldern, offene Kreise Nachweise aus historisch jungen Wäldern. Funde aus dem Weser- und Leinebergland sowie dem Harz wurden nicht berücksichtigt (nach ABMANN 1994, ergänzt).

grenzen, Abundanz) sind auch längerfristig für eine Indikation geeignet.

6. Indikatoren stofflicher Belastungen

FREITAG ET AL. (1973) untersuchten Laufkäfer an Waldstandorten in unterschiedlicher Entfernung zu einem Kraftwerk in Kanada. Dabei konnten sie eine deutliche Abnahme der Individuenzahlen mit zunehmender Nähe zum Kraftwerk belegen. Die Reduktion der Individuenzahlen war mit einer zunehmenden Na_2SO_4 -Immission korreliert. MAURER (1974) wies signifikant reduzierte Arten- und Individuenzahlen bei Laufkäfern randlich zu einer stärker befahrenen Straße gegenüber vergleichbaren Standorten an einer wenig befahrenen nach; stoffliche Belastungen dürften hier mit eine Rolle spielen. Für straßennah gefangene Individuen von *Carabus auratus* und *Poecilus cupreus* konnte er einen 4-8fach erhöhten Bleigehalt feststellen.

Obwohl o.g. Beispiele eine mögliche Bioindikation speziell von Immissionseinflüssen durch Verkehr

und Industrieanlagen anhand der Laufkäfer aufzeigen, dürften entsprechende Ansätze in der Praxis nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung erlangen. Hier stehen u.a. mit anderen Gruppen der Bodenfauna, mit Gefäßpflanzen sowie mit Flechten sensiblere und praktikablere Indikatorarten zur Verfügung.

Eine größere Bedeutung haben Laufkäfer aber bei speziellen Tests zur Wirkung von Chemikalien. Im folgenden mehrere Beispiele:

Relativ viele Untersuchungen widmen sich Nebenwirkungen von Pestiziden. Hier sei eine Arbeit von KEGEL (1989) herausgegriffen, der mit Hilfe von Laborzuchten 3 Insektizide und 6 Herbizide in ihrer Wirkung auf Larven verschiedener *Poecilus*-Arten testete (Abb. 4). Ein wesentliches Ergebnis war, die verwendete Testmethode aufgrund der höheren Empfindlichkeit der Larvenstadien (z.B. Mortalitätsrate) als Ergänzung zum Prüfprogramm der IOBC/WPRS-Gruppe "Pesticides and Beneficial Organisms" vorzuschlagen.

GRUTTKE (1989) untersuchte im Rahmen eines

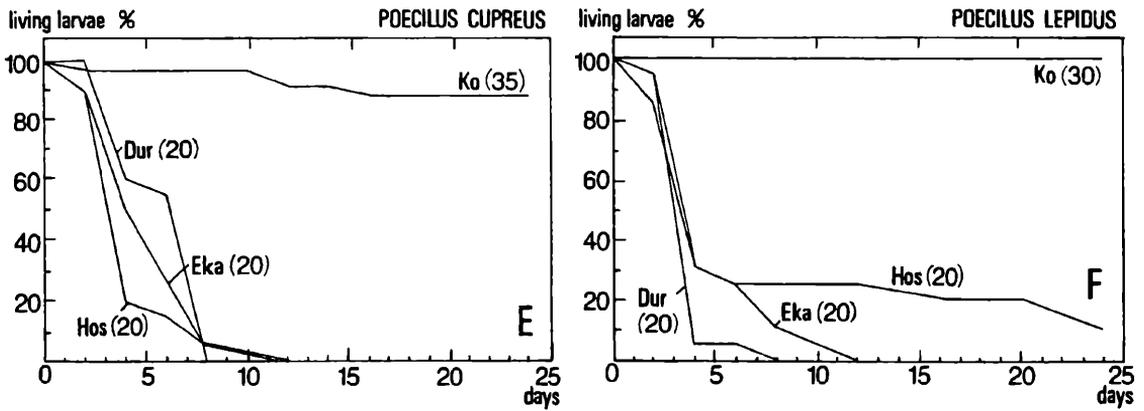


Abbildung 4

Anteile lebender Larven zweier *Poecilus*-Arten in Experimenten mit Insektiziden. Dursban (Dur), Ekamet (Eka) und Hostaquick (Hos). Ko = Kontrolle. Zahlen in Klammern geben die Anzahl getesteter Individuen wieder (Auszug aus KEGEL 1989).

Testprogramms mit Pentachlorphenol-Natrium (PCP-Na) mittels Labor- und Freilandversuchen Wirkungen auf die Laufkäferfauna eines Ruderalökosystems. Er stuft das untersuchte Ökosystem und dessen Laufkäferfauna im Besonderen als geeignet für die Umweltchemikaliertestung ein. U.a. wurde eine Repellentwirkung des PCP-Na nachgewiesen, die im Freilandversuch eine Erhöhung der Aktivitätsdichte von *Amara fusca* und *A. bifrons* zur Folge hatte (Streß- oder Fluchtaktivität).

Speziell mit Pestizidanwendungen und ihren Auswirkungen auf die Laufkäferfauna von Äckern im Freiland befaßt sich BASEDOW (1989): "Für ein Gebiet intensiven Ackerbaus (Brokersdorf/Kiel) konnte gezeigt werden, daß mit der Steigerung der Pflanzenschutz-Intensität von 1971-1984 eine Laufkäferart ausgelöscht wurde (der Goldlaufkäfer, *Carabus auratus* L.) und weitere drei Arten in ihrer Häufigkeit um 92-98% reduziert wurden. Die Gesamthäufigkeit der (größtenteils als Schädlingsfeinde "nützlichen") Laufkäfer ging um 81% zurück (...). Bei der experimentellen Nachstellung intensiver Insektizidbelastung in Grünholz/Kappeln auf 20ha-Parzellen über 6 Jahre zeigten sich die Laufkäfer als besonders empfindlich (verglichen mit den Kurzflügelkäfern und Spinnen). Auf der am stärksten belasteten Großparzelle fehlten am Ende des 5jährigen Fruchtfolgezyklus 8 Laufkäferarten. Weitere 7 Arten waren einschneidend dezimiert."

Insektizide werden auch in Wäldern (insbesondere bei Schmetterlings-Kalamitäten) eingesetzt. KLENNER (1994) konnte an westfälischen Wäldern zeigen, daß der Einsatz von Dimilin im Folgejahr einen reduzierten Bestand an Frühjahrsbrütern bewirkte. Vermutlich hängt dieser Rückgang mit dem Zeitraum der Larvenentwicklung zusammen, die während des Gifteinsatzes stattfand. Sommer- bzw. Herbstbrüter, die während des Winterhalbjahres ihre Larvalstadien durchlaufen, zeigten keinen so deutlichen Rückgang. Nicht nur auf landwirtschaft-

lichen Nutzflächen, sondern auch im forstwirtschaftlichen Bereich sind Laufkäfer brauchbare Indikatoren für Pestizideinwirkungen.

7. Indikatoren weiterer Belastungen

Neben den direkt vorstehend genannten Arbeiten, bei denen eine Fokussierung auf Pestizide erfolgte, ist in einer ganzen Reihe weiterer Untersuchungen die Indikation der Auswirkung intensiver Nutzung bzw. einer Nutzungsintensivierung in der Landwirtschaft belegt. Dies gilt sowohl für Äcker (STEINBORN & HEYDEMANN 1990; BASEDOW ET AL. 1991, u.a.) als auch Grünland (z.B. TIETZE 1985). Relevante Merkmale sind hier z.B. Veränderungen der Artenzusammensetzung mit Ausfall besonders großer Arten, Rückgang von Arten- und Individuendichten. Aus solchen Ergebnissen sind auch Formulierungen von "Mindeststandards" bezüglich der Artenausstattung von Nutzflächen zu fordern, wie dies im Zielartenkonzept Baden-Württemberg (vgl. WALTER ET AL. 1998) erfolgt.

Als Indikatoren von anthropogenen Veränderungen des Wasserhaushaltes sind Laufkäfer sehr gut geeignet, zumal sie schneller reagieren können als z.B. die Vegetation. Entsprechendes zeigten u.a. THIELE & WEISS (1976): Grundwasserabsenkungen in einem Waldgebiet führten zu deutlichen Veränderungen in der Artenzusammensetzung sowie im Dominanzgefüge der Laufkäferfauna. Besonders empfindliche und weniger verbreitete Arten fielen vollständig aus. Je nach Ausmaß der Veränderungen ist hier eine quantitative oder bereits eine qualitative Indikation über Vorkommen bzw. Fehlen bestimmter Laufkäferarten gegeben.

An Fließgewässern und in Auen, die besonders artenreiche Laufkäferzönosen beherbergen, ist die Gruppe zur Indikation des Natürlichkeitsgrades sowie der Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen einzusetzen. Dabei sind nicht nur strukturelle Bedingungen für Vorkommen und Häufigkeit des

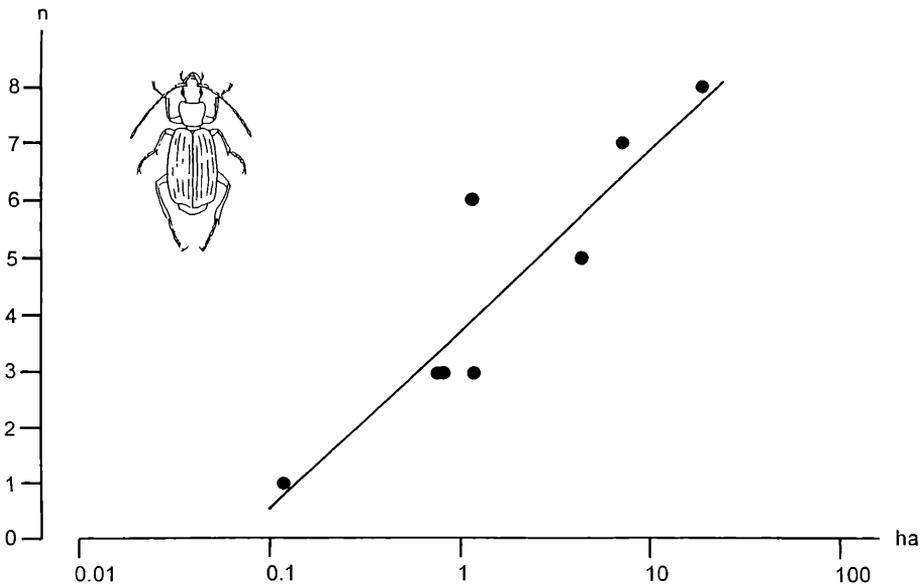


Abbildung 5

Abhängigkeit des Auftretens charakteristischer Laufkäfer der Sandtrockenrasen in Nordwestdeutschland von der Biotopgröße (nach AßMANN & FALKE 1997).

Auftretens von Arten entscheidend, sondern auch Änderungen im Wasserregime, die solche nicht unmittelbar hervorrufen müssen. So zeigt HERING (1995), daß ein Ausbleiben oder eine Verringerung regelmäßiger Hochwässer zur vermehrten Etablierung von Ameisennestern und damit zu verstärkter Nahrungskonkurrenz in Habitaten stenotoper Laufkäfer der Ufer führt. Die Konsequenz ist das Verschwinden anspruchsvoller Arten. BONN (1998) diskutiert Unterschiede im Anteil flugunfähiger (brachypterer bzw. mikropterer) Individuen zwischen den Laufkäferzönosen an der mittleren Weser und Elbe im Hinblick auf eine Bioindikation (Regelmäßigkeit des Auftretens der für Auen charakteristischen Hochwässer).

Zahlreiche Arbeiten widmen sich schließlich Städten bzw. dem Gradienten Stadt-Umland (z.B. KLAUSNITZER & RICHTER 1980) und zeigen dabei das Indikationspotential dieser Tiergruppe auf.

8. Indikatoren für Habitatgrößen und "Biotopmanagement"

Die meisten Populationen von Laufkäfern weisen starke Schwankungen ihrer Populationsgrößen in der Zeit auf. DEN BOER (1982, 1990) konnte sogar Amplituden bis zu zwei Zehnerpotenzen nachweisen. In kleinen Habitaten sollte damit eine erhebliche Aussterbewahrscheinlichkeit für viele Arten bestehen. Ist das Ausbreitungspotential der betreffenden Arten zudem gering, sollten in größeren Biotopen durchschnittlich mehr solcher Arten vorkommen als in vergleichbaren kleineren. Solche Arten-Areal-Beziehungen konnten für Heiden in den Niederlanden (DE VRIES 1994) und für Sandtrockenrasen in Niedersachsen (AßMANN & FALKE

1997; Abb. 5) nachgewiesen werden. Bemerkenswert groß müssen nach diesen Ergebnissen die betreffenden Biotope sein, damit sie das "komplette" Artenspektrum aufweisen (über 70ha bei Heideflächchen).

Zahlreiche Lebensräume wurden in historischer Zeit intensiver oder anders genutzt als dies heute oft der Fall ist. Ein solches Beispiel stellen die noch im letzten Jahrhundert großflächig in Nordwest-Deutschland verbreiteten Sandheiden (Genisto-Callunetum) dar. Neben der Beweidung durch Schafe wurden Teilbereiche immer wieder gebrannt, gemäht und abgeplaggt (Entfernung der Rohhumus-Schicht mit der Vegetation). Dies führte zu einer räumlichen und zeitlichen Heterogenität in den Heidegebieten. Heute werden die meisten verbliebenen Heidereste nur noch relativ extensiv beweidet. Wie DEN BOER & VAN DIJK (1994) zeigen konnten, besiedeln einige Laufkäfer bevorzugt solche Flächen, die durch ein besonderes "Biotopmanagement" gepflegt werden, das den historischen Nutzungen nachempfunden ist. Damit stellen Laufkäfer auch brauchbare Indikatoren für die Effizienzüberprüfung von Pflegemaßnahmen in Heiden dar (s. folgenden Abschnitt).

9. Ziel- und Bewertungsindikatoren

Die Eignung von Laufkäfern als Ziel- und Bewertungsindikatorgruppe in der Praxis von Naturschutz und Landschaftsplanung ist durch zahlreiche Veröffentlichungen und Projekte belegt; bei Planungen sind Laufkäfer in vielen Fällen als "Standardgruppe" zu berücksichtigen (vgl. RECK & KAULE 1993; RIECKEN 1992). Weitere Ausführungen und Beispiele finden sich bei TRAUTNER (1993). Eine Übersicht zum bundesweiten faunistisch-

Wertstufe	Kriterien (jeweils alternativ)
8 Überregionale bis landesweite Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Vorkommen einer zentraleuropäisch-endemischen Art (s. Anm. 1) unabhängig von der bundesweiten Gefährdungssituation, sofern es sich um ein Schwerpunktorkommen auf Landesebene handelt • Vorkommen einer Art mit zentraleuropäischem Verbreitungsschwerpunkt oder isoliertem Teilareal, die in Deutschland zumindest selten oder gefährdet bzw. landesweit sehr selten oder stark gefährdet ist, soweit das betreffende Vorkommen besonders günstige Schutz- und ggf. Entwicklungsmöglichkeiten bietet (s. Anm. 2) • Vorkommen mehrerer landesweit sehr seltener Arten oder einer landesweit extrem seltenen oder einer landesweit vom Aussterben bedrohten Art (s. Anm. 5) • Vorkommen einer bundesweit sehr seltenen Art • Vorkommen mehrerer bundes- oder landesweit stark gefährdeter Arten mit biotoptypischer Begleitfauna, soweit die betreffenden Vorkommen besonders günstige Schutz- und ggf. Entwicklungsmöglichkeiten bieten (s. Anm. 2) • Besonders gut ausgeprägte, biotoptypische Zönose, sofern es sich bei dem betrachteten Fall um das landesweit einzige oder um ein deutliches Schwerpunktorkommen dieser Zönose handelt und landesweit gefährdete Arten auftreten (vgl. Anm. 4) • Sehr artenreiche und typische Laufkäferfauna mit zahlreichen landesweit gefährdeten und stark gefährdeten Arten, diese zumindest teilweise auch bundesweit gefährdet und in großer Individuenzahl/Population <p>Bezugsebene für dieses Kriterium sind abgrenzbare Biotope oder Biotopkomplexe (z.B. Aueabschnitte, Niedermoorgebiete), für die ein funktionaler Zusammenhang besteht. Nicht als Bezugsebene können beliebige Landschaftsausschnitte, politisch-administrativ abgegrenzte Gebiete oder z.B. vollständige Naturräume 4. Ordnung gewertet werden. Als mögliche Orientierungswerte für eine Einstufung nach diesem Kriterium dienen >80 Arten, davon mindestens 9 Arten oder 10% landesweit gefährdet und zahlreiche in besonderem Maße biotoptypische Arten vertreten.</p>

Abbildung 6

Auszug aus dem Bewertungsrahmen von TRAUTNER (1996a) für eine der neun Bewertungsstufen.

ökologischen Kenntnisstand mit Checklisten geben TRAUTNER & MÜLLER-MOTZFELD (1995). Eine aktuelle bundesweite Rote Liste mit Einstufung der Häufigkeit und Kennzeichnung der besonderen Schutzverantwortung für Arten unter biogeographischen Gesichtspunkten liegt vor (TRAUTNER ET AL. 1997). Auch regionalisierte faunistisch-ökologische Daten sind in großem Umfang

vorhanden, wenngleich ihre Verfügbarkeit teilweise noch eingeschränkt ist. In der 1997 neu gegründeten, gemeinnützigen Gesellschaft für Angewandte Carabidologie e.V. (GAC) wird diesbezüglich an einer Verbesserung gearbeitet.

Gerade die Habitatbindung von Arten muß immer im regionalen Kontext beurteilt werden (vgl. MÜLLER-MOTZFELD 1991; NETTMANN 1991),

***Elaphrus uliginosus* (Dunkler Uferläufer), Rote Liste 2**

Habitat: Naßstandorte mit meist mäßig dichter, stark vertikal strukturierter Vegetation (Schilf, Seggen, Binsen). Typische Lebensräume sind Ufer von Stillgewässern, Gräben und Naßwiesen oder -brachen.

Bestandssituation, -entwicklung und Verbreitung: *Elaphrus uliginosus* ist bundesweit stark gefährdet und auch in angrenzenden Staaten ernsthaft bedroht. So rechnet ihn MARGGI (1992) für die Schweiz zu den vom Aussterben bedrohten Arten und DESENDER & TURIN (1989) wiesen nach, daß er in mehreren westeuropäischen Staaten zu den am stärksten rückläufigen Laufkäferarten zählt. Wesentlichste Ursachen sind im massiven Rückgang überwiegend offener Naßstandorte durch Drainage und intensive Grünlandnutzung, Verfüllung von Kleingewässern und nassen Senken, intensive Nutzung von Stillgewässern mit Beseitigung oder Einengung der Verlandungsvegetation sowie z.T. Überbauung zu sehen. In Baden-Württemberg liegen nach dem derzeitigen Kenntnisstand nur aus den nördlichen Landesteilen Nachweise vor (Nördlicher Oberrhein, Kraichgau/Neckarbecken, Albvorland, Obere Gäue), dabei handelt es sich vielfach um kleine, z.T. akut durch Bauvorhaben oder Nutzungsänderung bedrohte Vorkommen.

Ziel: Langfristige Förderung der Art in allen derzeit bekannten Vorkommensgebieten, insbesondere Etablierung zahlreicher, nachhaltig gesicherter Populationen im Kraichgau/Neckarbecken, in Teilen der Oberen Gäue sowie im Albvorland.

Mögliche Maßnahmen zur Umsetzung: Wiedervernässung drainierter Grünlandstandorte zunächst im Umfeld bestehender Vorkommen. Entwicklung und Sicherung nasser, weitgehend gehölzfreier Bereiche durch Mahd oder extensive Beweidung. Zulassung von Verlandungsprozessen in Stillgewässern.

Abbildung 7a

Beispiele besonders zu berücksichtigender Laufkäferarten aus dem Zielartenkonzept Baden-Württemberg (Auszug aus TRAUTNER 1996b): *Elaphrus uliginosus*, eine charakteristische Feuchtgebietsart.

ebenso "Erwartungswerte" für Artenspektren bestimmter Biotoptypen.

Die Bewertung von Flächen oder Lebensraumkomplexen anhand der Laufkäferfauna setzt im Regelfall eine hinreichend aktuelle Bestandsaufnahme voraus. In bestimmten Fällen kann diese auf eine gezielte Suche besonders "wertgebender" Arten beschränkt werden. Im weiteren ist es unseres Erachtens im Prinzip unerheblich, auf welche Weise genau (z.B. formal-argumentativ oder mittels anderer Verfahren) die Bewertung zustandekommt, sofern sie nach gängigen Bewertungskriterien objektiv nachvollziehbar dargestellt wird und den aktuellen Kenntnisstand zu Verbreitung, Lebensraumsprüchen und Schutzbedarf von Arten berücksichtigt. Dennoch wäre aus praktischen Gründen eine Vereinheitlichung anzustreben. Ein Vorschlag, der sich an der 9stufigen Skala von KAULE (1991) orientiert, wurde bereits veröffentlicht (TRAUTNER 1996a; Abb. 6) und zwischenzeitlich bei Projekten in verschiedenen Bundesländern angewandt.

Im Bundesland Baden-Württemberg operationalisiert das neu erarbeitete Zielartenkonzept (vgl. WALTER ET AL. 1998), das als Beitrag zum Landschaftsrahmenprogramm erarbeitet wurde, "das Schutzgut Arten und Biotope für planerische Fragen und Fragen der Eingriffsbewertung"

Unter den repräsentativen Artengruppen, die im Rahmen des Zielartenkonzeptes berücksichtigt wurden, befinden sich auch die Laufkäfer. Sie trugen auf den verschiedenen Ebenen (Spezieller Populationsschutz und Schutz der Lebensräume, Mindeststandards, Prozeßschutz, Umweltqualitätsziele auf regionaler Ebene für 18 Teilräume, großflächige Vorranggebiete) zur Formulierung von Bewertungsgrundlagen und Zielen bei. Eine Auswahl bestimmter Indikatorarten soll zudem für eine länger-

fristige Kontrolle der Zielerfüllung herangezogen werden (vgl. Abb. 7a-d).

Im Rahmen von Erfolgskontrollen werden Laufkäfer vielfach als Indikatorgruppe eingesetzt. Hier stehen oft Fragen nach der Entwicklung charakteristischer Zönosen eines bestimmten Typs oder der Förderung besonders gefährdeter Arten, für die an anderer Stelle eine Beeinträchtigung z.B. im Rahmen eines Bauvorhabens erfolgt, im Vordergrund.

Ein Beispiel aus den wissenschaftlichen Begleituntersuchungen zu einem Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundes (E+E-Vorhaben) stellen die Ergebnisse von der Oster, einem kleineren Fließgewässer im Saarland, dar. Hier konnte aufgezeigt werden, daß durch die Umgestaltung des bislang technisch ausgebauten Fließgewässers innerhalb kurzer Zeit tatsächlich auch eine typische Uferfauna entwickelt werden konnte (vgl. TRAUTNER & BRÄUNICKE 1997): Anzahl und Anteile spezifischer Uferarten am Gesamtartenspektrum nahmen gegenüber dem vorigen Zustand erheblich zu und entsprechen einem ebenfalls untersuchten Vergleichsgebiet der Oster mit naturnahen Uferstrukturen (Abb. 8).

HANDKE (1997) faßt aus den langjährigen Untersuchungen zu Ausgleichsmaßnahmen in der Bremer Flußmarsch zusammen: "Laufkäfer haben sich im Bremer Raum bei der Erfolgskontrolle bewährt. Die Erfassung ist einfach, gut standardisierbar und die Ergebnisse lassen sich gut interpretieren. In vielen Lebensräumen liefern die Ergebnisse von Laufkäferuntersuchungen wichtige Zusatzinformationen im Vergleich zu vegetationskundlichen und ornithologischen Untersuchungen" Er konnte z.B. nachweisen, daß bestimmte Ausgleichsmaßnahmen bereits in kurzer Zeit Erfolge zeigten, andere jedoch

Cicindela germanica (Deutscher Sandlaufkäfer), Rote Liste 2

Habitat: Sonnenexponierte „Störstellen“ auf Böden mit meist ausgeprägter Wechselfeuchte bzw. Wechseltrokenheit. Bei den aktuellen baden-württembergischen Funden handelt es sich v.a. um Trittstellen in Halbtrockenrasen, Erosionsstellen im mageren Grünland, Abbaugelände und Übungsgelände (vgl. TRAUTNER & DETZEL 1994).

Bestandssituation, -entwicklung und Verbreitung: Noch im letzten Jahrhundert war *C. germanica* in landwirtschaftlich genutzten Bereichen in einigen Gebieten Deutschlands nicht selten, stellenweise sogar häufig. Viele ältere Funde stammen von Äckern oder Ackerbrachen, solche sind auch aus Baden-Württemberg belegt (z.B. Friedrichshafen und Stuttgart). Durch die Intensivierung der Landwirtschaft mit Verlust kurzzeitiger Brachestrukturen ist *C. germanica* drastisch zurückgegangen und heute in ganz Deutschland hochgradig gefährdet. Baden-Württemberg beherbergt nach dem derzeitigen Kenntnisstand bundesweit noch die größten Vorkommen der Art, weshalb auch eine besondere Schutzverantwortung besteht. Aktuell sind landesweit rund 15 z.T. weiträumig isolierte Vorkommen bekannt (vgl. Abb. 21-2), von denen einige durch Nutzungsänderung akut bedroht sind. Die Vorkommen konzentrieren sich auf Kraichgau/Neckarbecken, das Albvorland sowie Randbereiche der Schwäbischen Alb.

Ziel: Langfristige Förderung der Art in allen derzeit bekannten Vorkommensgebieten und Wiederentwicklung geeigneter Lebensräume im ackerbaulich genutzten Bereich (deutliche Ausdehnung der Vorkommen). Im Kraichgau/Neckarbecken sowie im Randbereich der Schwäbischen Alb und im Albvorland sind in einem größeren Teil der Meßtischblätter nachhaltig gesicherte Vorkommen anzustreben. Ein Schwerpunktgebiet sind dabei Filsalb und Vorberge in Verbindung mit Albuch-Randhöhen und Teilen des östlichen Alb-Vorlandes. Langfristig ist die Wiederbesiedlung von ehemals bewohnten Naturräumen (z.B. Bodensee, Südlicher Oberrhein) anzustreben.

Mögliche Maßnahmen zur Umsetzung:

Kurz- bis mittelfristig:

- Bei Wegfall bestehender, arterhaltender Nutzungen in erster Linie periodische Schaffung von Rohbodenstrukturen z.B. durch Oberbodenabschiebung
- Bereitstellung besiedelbarer Flächen im räumlichen Verbund zu bestehenden Vorkommen (Potential derzeit in erster Linie in Äckern; pestizidfreie Bewirtschaftung mit 2- bis 3jährigen Wechselbrachen und hohem Flächenanteil von Begleitstrukturen; zu Beginn ggf. Aushagerung, weiterhin Düngemittelbeschränkung)
- In von der Art besiedelten Räumen soweit möglich Verzicht auf Befestigung von Wegen sowie auf Sicherungsmaßnahmen an Erosionsstellen

Langfristig:

- Änderungen der Agrarpolitik; statt Flächenstillegung extensivere Bewirtschaftung mit Wechselbrachen (s.o.), hohem Anteil an nutzungsbegleitenden Flächen sowie Düngemittel- und Pestizideinschränkung

Abbildung 7b

7b-7d: *Cicindela germanica*, Deutscher Sandlaufkäfer (mit Verbreitung in Baden Württemberg).

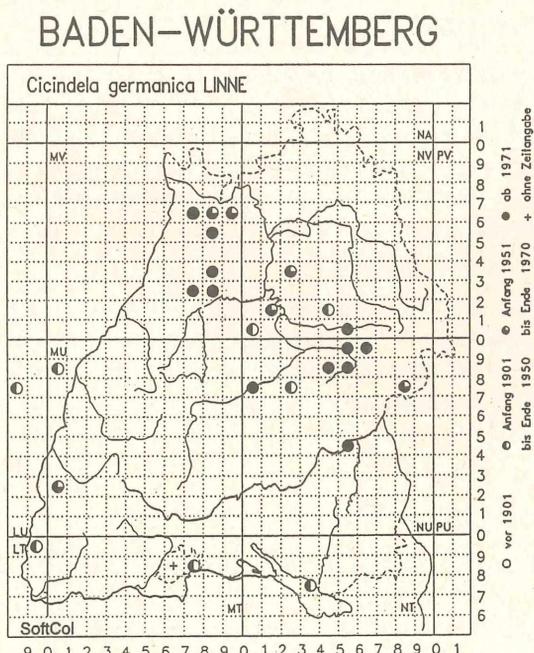


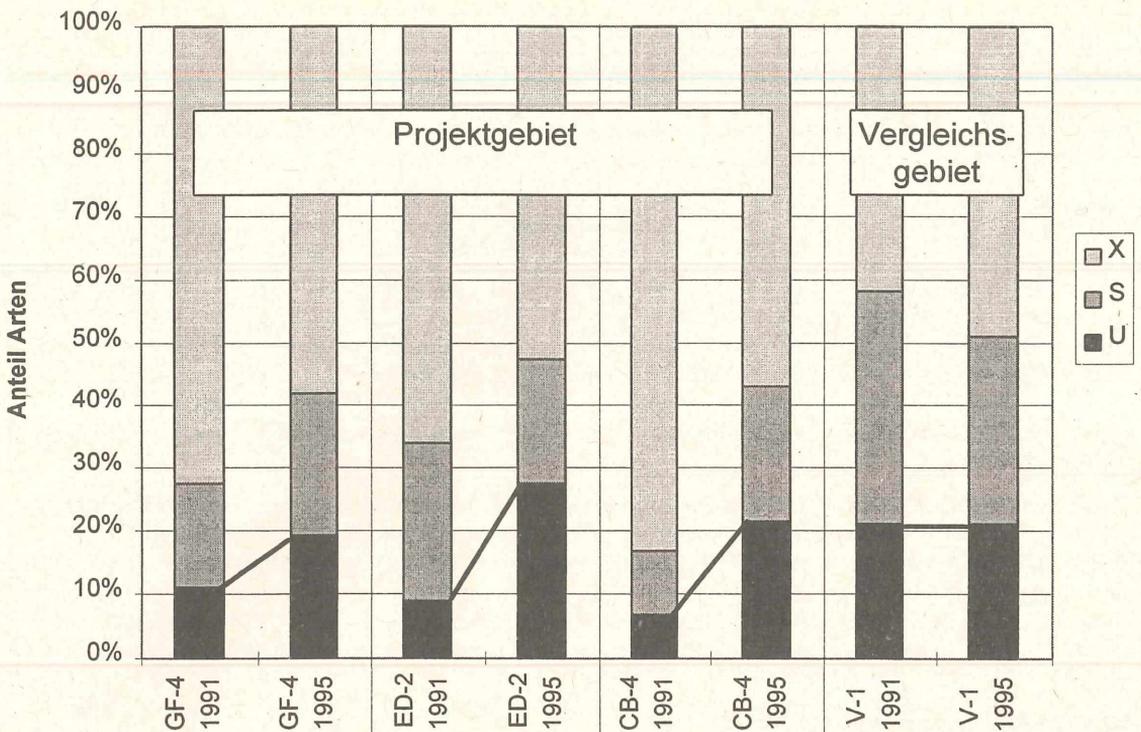
Abbildung 7c

kontraproduktiv oder optimierungsbedürftig waren (wie die Überstauung im Grünland zur Förderung extrem feuchteabhängiger Arten).

Aber nicht nur die Zusammensetzung von Zönosen, das Vorkommen oder die Häufigkeit spezieller Arten sind als Indikationsmerkmale im Rahmen von Erfolgskontrollen anwendbar. In den vorangegangenen Abschnitten wurden bereits weitere Möglich-



Abbildung 7d



- U Bewohner von Ufern und dynamischen Auestandorten
 S Sumpf- und Moorarten (ohne spezifische Arten gehölzdominierter Naßstandorte)
 X Sonstige Arten (hier nicht weiter differenziert)

Abbildung 8

Anteile von spezifischen Ufer- und Sumpfbewohnern am Artenspektrum von 1990/91 (vor der Umgestaltung) und 1995 (nach der Umgestaltung) bearbeiteten Probestellen des Osterufers; im Vergleichsgebiet erfolgte keine Umgestaltung (nach TRAUTNER & BRÄUNICKE 1997).

keiten angesprochen (z.B. Flügelmorphismus, genetische Merkmale). Ein weiteres Beispiel stellt der stenotope, in der Lüneburger Heide Moor- und Sandheiden bewohnende Laufkäfer *Carabus nitens* dar, der nur noch in kleinen Reliktpopulationen verbreitet ist. Mit Hilfe von genetischen Markern (Abb. 9) läßt sich in Zukunft verfolgen, ob (und wenn ja, wie) sich die dort geplante Biotopvernetzung tatsächlich auswirkt (ABMANN & TERLUTTER 1998).

10. Indikatoren einer biologischen Vielfalt im weltweiten Maßstab - ein Ausblick

Weltweit stellt die Beurteilung und Sicherung der biologischen und damit der Artenvielfalt ein wichtiges Thema dar (z.B. HEYWOOD & WATSON 1995). Auch in diesem Zusammenhang sind die relativ gut bearbeiteten Laufkäfer insgesamt oder ausgewählte Gruppen unter ihnen wichtige Indikatoren. Am Beispiel der Sandlaufkäfer - mit weltweit etwas über 2.000 bekannten Arten - zeigen dies PEARSON & CASSOLA (1992) eindrucksvoll auf. Sie konnten anhand einer Auswertung nach Rasterfeldern für Nordamerika, den Indischen Subkonti-

ent und Australien belegen, daß die regionale Artenvielfalt von Sandlaufkäfern mit derjenigen von Vögeln und Schmetterlingen jeweils signifikant positiv korreliert ist.

Da der Erfassungsaufwand bei Sandlaufkäfern aber erheblich geringer als bei den beiden anderen Gruppen ist, werden Sandlaufkäfer in diesem Fall als besonders praktikable Indikatoren biologischer Vielfalt erachtet²⁾. Fragen des Aufwandes sind insbesondere auch bei längerfristigen Überprüfungen von großer Bedeutung.

Der in Kürze erscheinende neue Weltkatalog der Laufkäfer mit Verbreitungsangaben (LORENZ, in Vorb.) dürfte weitere Ansätze ermöglichen, speziell auch im Hinblick auf Gruppen mit hohem Endemiten-Anteil.

11. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt Beispiele der Bioindikation durch Laufkäfer auf. Für viele Fragestellungen ist die Artengruppe besonders gut geeignet und wird auch in der Praxis angewandt. Das Spektrum reicht dabei von der Indikation spezieller Standort-

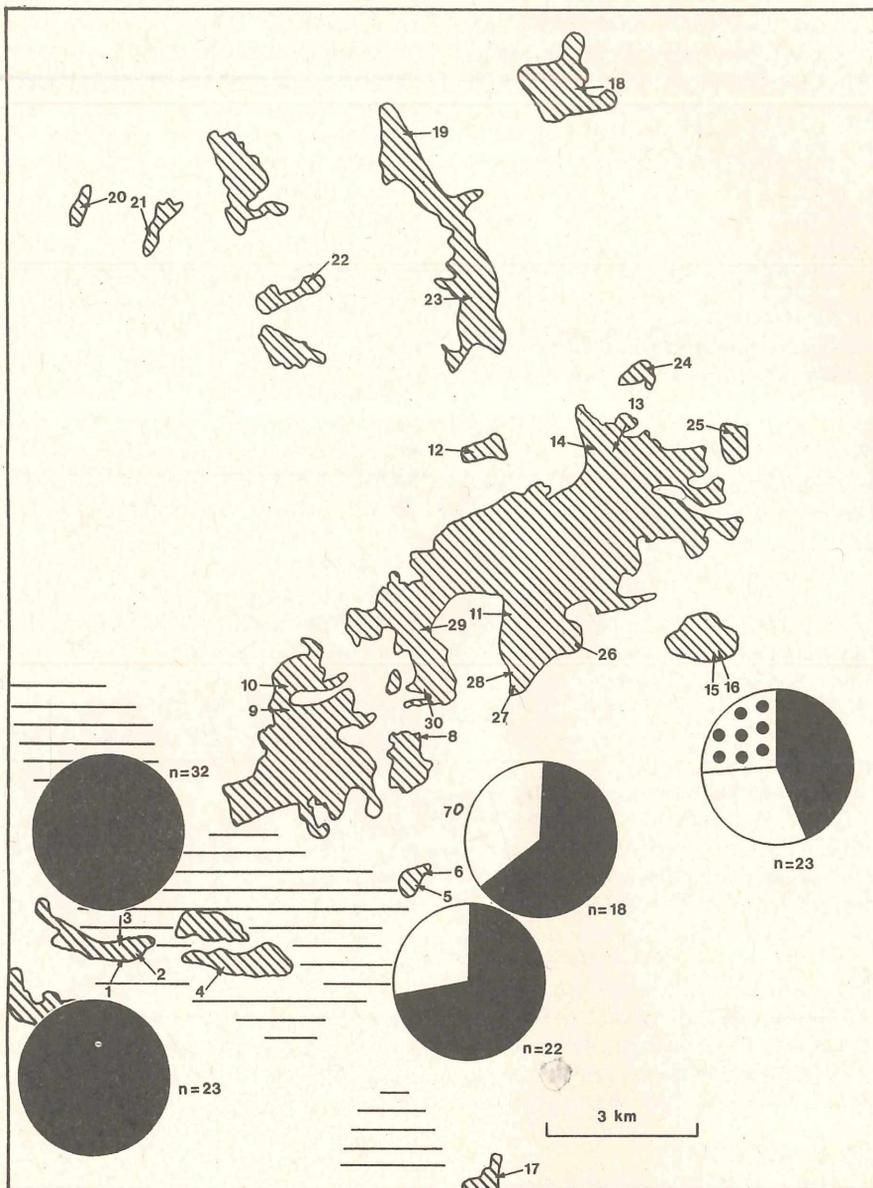


Abbildung 9

Allelfrequenzen für den Aminosäure-Aspartat-Transaminase-1-Genlocus von *Carabus nitens* im NSG "Lüneburger Heide". Schräg schraffiert sind Heideflächen, waagrecht schraffiert militärische Übungsgelände, die überwiegend vegetationsfreie Bereiche, isolierte kleinflächige Heiden (in der Regel < 1ha) und Wälder enthalten (nach AßMANN & TERLUTTER 1998).

faktoren über räumlich-funktionale Beziehungen und Biotoptradition bis hin zu Belastungsindikatoren, palaeo-ökologischen Indikatoren sowie Ziel- und Bewertungsindikatoren in der Praxis von Naturschutz und Landschaftsplanung. Abschließend wird ein kurzer Ausblick auf die Anwendung bei der Beurteilung biologischer Vielfalt im weltweiten Maßstab gegeben.

Dank

Unser Dank für hilfreiche Informationen oder Diskussionen zu diesem Themenbereich gilt Stephan Gürlich (Buchholz), Dr. Klaus Handke (Ganderkesee), Wolfgang Lorenz (Tutzing), Prof. Dr. G. Mül-

ler-Motzfeld (Greifswald), Uwe Riecken (Bonn) sowie Wolfgang Zehlius-Eckert (Freiburg). Herr Frank Wais (Stuttgart) half bei der Manuskriptbearbeitung.

Anmerkungen

¹⁾ Zwei verschiedene Ausprägungen der häutigen Hinterflügel: Individuen mit voll ausgebildeten Hinterflügeln (makropter) sind - soweit auch die Flugmuskulatur entwickelt ist - morphologisch flugfähig. Individuen mit stark reduzierten Hinterflügeln (brachypter) sind flugunfähig.

²⁾ Weltweit kann mit Sicherheit keine Artengruppe alleine für eine entsprechende Bewertung herangezogen werden. In einem Indikationssystem sollten jedoch Laufkäfer berücksichtigt werden.

Literatur

AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (ANL) & DACHVERBAND AGRARFORSCHUNG (DAF), Hrsg. (1991):

Begriffe aus Ökologie, Umweltschutz und Landnutzung.- 2., neu bearb. Aufl., Informationen 4, Laufen/Frankfurt: 125 S.

ABMANN, T. (1982):

Faunistisch-ökologische Untersuchungen an der Carabidenfauna naturnaher Biotope im Hahnenmoor (Coleoptera, Carabidae).- Osnabrücker naturwiss. Mitt. 9: 105-134.

——— (1994):

Epigäische Coleopteren als Indikatoren für historisch alte Wälder der Nordwestdeutschen Tiefebene.- NNA-Berichte 3/94: 142-151.

——— (1995):

Zur Populationsgeschichte der Laufkäfer *Carabus punctatoauratus* Germar und *Carabus auronitens* Fabricius (Coleoptera, Carabidae): Über Endemismus in eiszeitlichen Refugialräumen und postglaziale Arealausweitung.- Osnabrücker naturwiss. Mitt. 20/21: 225-273.

——— (1998):

Bedeutung der Kontinuität von Lebensräumen für den Naturschutz Untersuchungen an waldbewohnenden Laufkäfern (Coleoptera, Carabidae) mit Beispielen für methodische Ergänzungen zur Langzeitforschung.- Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz (i. Druck).

ABMANN, T. & B. FALKE (1997):

Bedeutung von Hudelandschaften aus tierökologischer und naturschutzfachlicher Sicht.- Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 54: 129-144.

ABMANN, T. & H. TERLUTTER (1998):

Populationsgenetische Untersuchungen an Laufkäfern und ihre Bedeutung für den Naturschutz (Coleoptera, Carabidae).- Angewandte Carabidologie 1 (i. Druck).

BASEDOW, T. (1989):

Die Bedeutung der Pestizidanwendung für die Existenz von Tierarten in der Agrarlandschaft.- In: BLAB, J. & E. NOWAK (Hrsg.): Zehn Jahre Rote Liste gefährdeter Tierarten in der Bundesrepublik Deutschland; Schr.R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 29: 151-168.

BASEDOW, T.; C. BRAUN; A. LÜHR; J. NAUMANN; T. NORGALL & G.Y. YANES (1991):

Abundanz, Biomasse und Artenzahl epigäischer Raubarthropoden auf unterschiedlich bewirtschafteten Weizen- und Rübenfeldern: Unterschiede und ihre Ursachen. Ergebnisse eines dreistufigen Vergleichs in Hessen, 1985 - 1988.- Zool. Jb. Syst. 118: 87-116.

BONN, A. (1998):

Flugaktivität und Flügeldimorphismus von Laufkäfern in Flußauen.- Angewandte Carabidologie, Supplement I (i. Druck).

BRANDMAYR, P. (1983):

The main axis of the coenoclineal continuum from macroptery to brachyptery in carabid communities of the temperate zone.- In: BRANDMAYR, P.; P.J. DEN BOER & F. WEBER (eds.): Report of the fourth meeting of European Carabidologists: The synthesis of field study and laboratory experiment; Wageningen (Drukcopudoc): 147-170.

DARLINGTON, P.J. (1943):

Carabidae of mountains and islands: data on the evolution of isolated faunas, and on atrophy of wings.- Ecol. Monographs, 13: 37-61.

DEN BOER, P.J. (1982):

On the stability of animal populations, or how to survive in a heterogeneous and changeable world? - In: MOSSAKOWSKI, D. & G. ROTH (eds.): Environmental adaptation and evolution; G. Fischer, Stuttgart: 211-232.

——— (1990):

Density limits and survival of local populations in 64 carabid species with different powers of dispersal.- J. evol. Biol. 3: 19-48.

DEN BOER, P.J. & T.S. VAN DIJK (1994):

Carabid beetles in a changing environment.- Wageningen Agricultural University Papers 94 (6): 1-30.

DEN BOER, P.J.; T.H.P. VAN HUIZEN; W. DEN BOER-DAANJE; B. AUKEMA & C.F.M. DEN BIEMAN (1980):

Wing polymorphism and dimorphism in ground beetles as stages in an evolutionary process (Coleoptera: Carabidae).- Entom. Gen. 6 (2/4): 107-134.

DE VRIES, H. (1994):

Size of habitat and presence of ground beetle species.- In: DESENDER, K.; M. DUFRENE; M. LOREAU; M.L. LUFF & J.P. MAELFAIT (Hrsg.): Carabid beetles - ecology and evolution; Series entomologica 51; Kluwer, Dordrecht: 253-259.

ERVYNCK, A.; K. DESENDER; M. PIETERS & J. BUNGENEERS (1994):

Carabid beetles as palaeo-ecological indicators in archaeology.- In: DESENDER, K.; M. DUFRENE; M. LOREAU; M.L. LUFF & J.P. MAELFAIT (Hrsg.): Carabid beetles - ecology and evolution; Series entomologica 51, Kluwer, Dordrecht: 261-266.

FREITAG, R.; L. HASTINGS; W.R. MERCER & A. SMITH (1973):

Ground beetle populations near a kraft mill.- Can. Entomologist 105: 299-310.

GRIES, B.; D. MOSSAKOWSKI & F. WEBER (1973):

Coleoptera Westfalica: Familia Carabidae; Genera *Cychrus*, *Carabus* und *Calosoma*.- Abh. Landesmus. Naturkde. Münster 35 (4): 1- 80.

GRUTTKE, H. (1989):

Ökologische und ökotoxikologische Untersuchungen an der Carabidenfauna eines Ruderalökosystems.- Schr.R. Landschaftsentwicklung u. Umweltforschung 66: 235 S.

GÜRLICH, S. (1998):

Die Laufkäferfauna der Tideelbe.- Angewandte Carabidologie, Supplement I (i. Druck).

- HANDKE, K. (1997):
Einsatz von Laufkäferuntersuchungen bei der Erfolgskontrolle in der Bremer Flußmarsch.- Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent., 11: 57-62.
- HERING, D. (1995):
Nahrungsökologische Beziehungen zwischen limnischen und terrestrischen Zoozönosen im Uferbereich nordalpiner Fließgewässer.- Diss. FB Biologie Univ. Marburg: 207 S.
- HEYWOOD, V.H. & R.T. WATSON (eds., 1995):
Global biodiversity assesment. Published for the United Nations Environment Program.- Cambridge University Press.
- HOLDHAUS, K. (1954):
Die Spuren der Eiszeit in der Tierwelt Europas.- Universitätsverlag, Innsbruck.
- KAULE, G. (1991):
Arten- und Biotopschutz.- 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- KEGEL, B. (1989):
Laboratory experiments on the side effects of selected herbicides and insecticides on the larvae of three sympatric *Poecilus*-species (Col., Carabidae).- J. Appl. Ent. 108: 144-155.
- KLAUSNITZER, B. & K. RICHTER (1980):
Qualitative und quantitative Aspekte der Carabidenfauna der Stadt Leipzig.- Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.- Naturwiss. R. 29 (6): 567-573.
- KLENNER, M.F. (1994):
The carabid fauna of diflubenzuron-sprayed and unsprayed plots in Westphalian oak forests - a post-treatment comparison.- In: DESENDER, K.; M. DUFRENE; M. LOREAU; M.L. LUFF & J.P. MAELFAIT (eds.): Carabid beetles - ecology and evolution; Series entomologica 51; Kluwer, Dordrecht: 445-449
- LINDROTH, K. (1949):
Die Fennoskandischen Carabidae. III. Allgemeiner Teil.- Göteborgs Kungl. Vet. Vitterh. Samh. Handl., Ser. B, 4: 1-902.
- LORENZ, W. (i. Vorber.):
Systema Carabidarum.- Tutzing.
- MAURER, R. (1974):
Die Vielfalt der Käfer- und Spinnenfauna des Wiesenbodens im Einflußbereich von Verkehrsimmissionen.- Oecologia 14: 327-351.
- MOLENDI, R. (1996):
Zoogeographische Bedeutung Kaltluft erzeugender Blockhalden im außeralpinen Mitteleuropa: Untersuchungen an Arthropoda, insbesondere Coleoptera.- Verh. naturwiss. Ver. Hamburg (NF) 35: 5-93.
- MOSSAKOWSKI, D. (1970):
Das Hochmoorökoareal von *Agonum ericeti* (Panz.) (Coleoptera, Carabidae) und die Frage der Hochmoorbindung.- Faun. Ökol. Mitt. 3: 378-392.
- (1971):
Zur Variabilität isolierter Populationen von *Carabus arcensis* Hbst. (Coleoptera).- Z. zool. Syst. u. Evolut.-forsch. 9: 81-106.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (1989):
Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als pedobiologische Indikatoren.- Pedobiologia 33: 145-153.
- (1991):
Die regionale Spezifik von Arten-Areal-Kurven und ihre Bedeutung für Bewertungskonzepte im Arten- und Biotopschutz.- In: HENLE, K. & G. KAULE (Hrsg.): Arten- und Biotopschutzforschung für Deutschland; Berichte aus der ökologischen Forschung 4; Jülich: 101-105.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (1995):
Klimatisch bedingter Faunenwechsel am Beispiel der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae).- Angewandte Landschaftsökologie 4: 135-154.
- NETTMANN, H.-K. (1991):
Zur Notwendigkeit regionalisierter Untersuchungen für den zoologischen Arten- und Biotopschutz.- In: HENLE, K. & G. KAULE (Hrsg.): Arten- und Biotopschutzforschung für Deutschland; Berichte aus der ökologischen Forschung 4; Jülich: 106-113.
- NIEHUES, F.-J.; P. HOCKMANN & F. WEBER (1996):
Genetics and dynamics of a *Carabus auronitens* metapopulation in the Westphalian Lowlands (Coleoptera, Carabidae).- Ann. Zool. Fennici 33: 85-96.
- PAJE, F. & D. MOSSAKOWSKI (1984):
pH-Preferences and habitat selection in carabid beetles.- Oecologia 64: 41-46.
- PEARSON, D.L. & F. CASSOLA (1992):
World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): Indicator taxon for biodiversity and conservation studies.- Conservation Biology 6 (3): 376-391.
- RECK, H. & G. KAULE (1993):
Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume.- Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 654; Bonn-Bad Godesberg: 230 S.
- RIECKEN, U. (1992):
Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen - Grundlagen und Anwendung.- Schr.R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 36; Bonn-Bad Godesberg: 187 S.
- (1997):
Arthropoden als Bioindikatoren in der naturschutzrelevanten Planung - Anwendungen und Perspektiven.- Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 11: 45-56.
- SCHÄFER, M. (1992):
Wörterbücher der Biologie: Ökologie.- 3. Aufl., G. Fischer, Jena.
- SCHUBERT, R. (Hrsg. 1991):
Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen.- 2., überarb. Aufl., G. Fischer, Jena.
- SOWIG, P. (1986):
Experimente zur Substratpräferenz und zur Frage der

Konkurrenzverminderung uferbewohnender Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae).- Zool. Jb. Syst. 113: 55-77.

STEINBORN, H.-A. & B. HEYDEMANN (1990): Indikatoren und Kriterien zur Beurteilung der ökologischen Qualität von Agrarflächen am Beispiel der Carabidae (Laufkäfer).- Schr.R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 32: 165-174.

TERLUTTER, W. (1989): Entstehung eines Allelgradienten bei *Carabus auronitens* F. (Coleoptera, Carabidae) durch Fragmentierung von Landschaftselementen.- Verh. Ges. Ökol. 18 (Essen 1988): 747-754.

——— (1991): Morphometrische und elektrophoretische Untersuchungen an westfälischen und südfranzösischen *Carabus auronitens*-Populationen (Col., Carabidae): Zum Problem der Eiszeitüberdauerung und der nacheiszeitlichen Arealausweitung.- Abhandl. Westf. Mus. Naturkde. 53 (3): 1-111.

TERLUTTER, H. & T. AßMANN (1998): Die längszonale Gliederung der Laufkäferfauna an der Ems.- Angewandte Carabidologie, Supplement I (i. Druck).

TIETZE, F. (1985): Veränderungen der Arten- und Dominanzstruktur in Laufkäfertaxozönosen (Coleoptera - Carabidae) bewirtschafteter Graslandökosysteme durch Intensivierungsfaktoren.- Zool. Jb. Syst. 112: 367-382.

THIELE, H.-U. (1977): Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour.- Zoophysiology and Ecology 10; Springer Berlin, Heidelberg, New York: 369 S.

THIELE, H.-U. & H.E. WEISS (1976): Die Carabiden eines Auenwaldgebietes als Bioindikatoren für anthropogen bedingte Änderungen des Mikroklimas.- Schr.R. Vegetationskde. 10: 359-374.

TRAUTNER, J. (1993): Laufkäfer als Indikatoren/Deskriptoren in der Planung und Probleme der Ausgleichbarkeit von Eingriffen am Beispiel dieser Artengruppe.- In: DER BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.): Die Beurteilung von Landschaften für die Belange des Arten- und Biotopschutzes als Grundlage für die Bewertung von Eingriffen durch den Bau von Straßen. Tagungsband zum Symposium vom 6.-8. Februar 1990 in Bonn-Bad Godesberg; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 636, Bonn-Bad Godesberg: 207-233.

——— (1996a): Kriterien zur Bewertung von Laufkäfer-Vorkommen

Aktueller Arbeitsstand eines Vorschlages für einen bundesweiten Standard.- VUBD-Rundbrief, 17/96: 12-16.

——— (1996b): 21 Sandlaufkäfer und Laufkäfer.- In: RECK, H.; R. WALTER; E. OSINSKI; T. HEINL & G. KAULE: Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). Teil C; Gutachten im Auftrag des Landes Baden-Württemberg, gefördert durch die Stiftung Naturschutzfonds; Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart: C367-C403.

TRAUTNER, J. & M. BRÄUNICKE (1997): Laufkäferzönosen an der umgestalteten Oster im Saarland. Teilergebnisse des wissenschaftlichen Begleitprogramms eines E+E-Vorhabens.- Natur und Landschaft, 72 (9): 390-395.

TRAUTNER, J. & G. MÜLLER-MOTZFELD (1995): Faunistisch-ökologischer Bearbeitungsstand, Gefährdung und Checkliste der Laufkäfer. Eine Übersicht für die Bundesländer Deutschlands.- Naturschutz und Landschaftsplanung 27 (3): 96-105, I-XII (Beilage).

TRAUTNER, J.; G. MÜLLER-MOTZFELD & M. BRÄUNICKE (1997): Rote Liste der Sandlaufkäfer und Laufkäfer Deutschlands (Col., Cicindelidae et Carabidae). 2. Fassung, Stand Dezember 1996 (unter Mitarb. von Erik Arndt u.a.).- Naturschutz und Landschaftsplanung 29 (9): 261-273.

WALTER, R.; H. RECK; G. KAULE; M. LÄMMLER; E. OSINSKI & T. HEINL (1998): Regionalisierte Qualitätsziele, Standards und Indikatoren für die Belange des Arten- und Biotopschutzes in Baden-Württemberg. Das Zielartenkonzept - ein Beitrag zum Landschaftsrahmenprogramm des Landes Baden-Württemberg.- Natur und Landschaft 73 (1): 9-25.

WEBER, F. (1966): Zur Verbreitung von *Carabus irregularis* Fabr. im Teutoburger Wald und Eggegebirge (Westfalen).- Ent. Bl. 62 (1): 1-5.

Anschriften der Verfasser:

Jürgen Trautner
Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung
Johann-Strauß-Str. 22
D-70794 Filderstadt

Dr. Thorsten Aßmann
Fachbereich Biologie/Chemie, Fachgebiet Ökologie
Universität Osnabrück
Barbarastraße 11
D-49069 Osnabrück

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [8_1998](#)

Autor(en)/Author(s): Trautner Jürgen, Aßmann [Assmann] Thorsten

Artikel/Article: [Bioindikation durch Laufkäfer - Beispiele und Möglichkeiten 169-182](#)