

## **Von der Faunistik zur Bioindikation - Zur historischen Entwicklung eines ökologischen Artkonzeptes aus der Sicht der Freilandentomologie (Schwerpunkt Odonata)**

Eberhard G. Schmidt

### **1. Einführung**

Faunistik ist die wissenschaftliche Erfassung und Analyse eines ausgewählten zoologischen Taxons in einer ausgewählten Region (DE LATTIN 1967). Sie war schon immer eine tragende Säule der Freilandentomologie, jedoch weniger an den etablierten (Universitäts-)Instituten, sondern vielmehr als eine Domäne engagierter Amateure (im besten Sinne des Wortes als Hingabe aus Begeisterung an der Formenmannigfaltigkeit der Insekten und ihrer Lebensäußerungen: KRAUS 1976). Viele haben ein profundes Fachwissen und eine erstaunliche Freiland Erfahrung, oft autodidaktisch erworben und in regionalen naturkundlichen Vereinen (wie der Entomologischen Gesellschaft Düsseldorf gegr. 1866 e.V.) vertieft, dabei weder Kosten noch Mühen scheuend; sie stellen ihre Ergebnisse der Öffentlichkeit (z.B. in den Schriften dieser Vereine) unentgeltlich zur Verfügung, ein uneigennütziges Engagement von unschätzbarem volkswirtschaftlichen Wert. Ihre wissenschaftlichen Sammlungen gelangen in der Regel in die Museen der Öffentlichen Hand, werden so der Allgemeinheit zugänglich, sind vielfach unersetzliche Dokumente früherer Naturzustände, auch Zeugen außerinstitutioneller wissenschaftlicher Kultur. Diese Faunistik ist inzwischen in das Zeichen der Ökologie gerückt und hat unter dem Stichwort "Bioindikation" eine hohe praktische Bedeutung für die Angewandte Ökologie, vor allem unter dem Aspekt des Arten- und Biotopschutzes und der Renaturierung oder Restaurierung gestörter Biotope bzw. der Neuanlage von (Ersatz-) Biotopen erlangt (vgl. SCHORR 1990). Bioindikation wird hier im Sinne einer Indikation für eine Gebietsbewertung, nicht als Monitoring von Schadstoffen mittels Testorganismen verstanden (vgl. PLACHTER 1991, sowie BARTH 1987, BICK & NEUMANN 1982, BLAB 1984, BLAB & NOWAK 1989, KAULE 1986, KINZELBACH 1989, KLOFT 1983, SCHMIDT 1991 entgegen ARNDT u.a. 1987). In der Praxis steht sie jedoch stark unter administrativem Regime (wie bei Umweltverträglichkeitsprüfungen und Naturschutzplanungen und -maßnahmen), die Freilandarbeit liegt dann (gegen Gebühr) oft bei freiberuflichen Ökologen- oder Ingenieurbüros oder (als Drittmittelprojekt) bei Diplomarbeiten von Hochschulen. Die Grundlagenarbeit tritt dabei an den Institutionen leider oft zurück und bleibt zu guten Teilen bei den Amateurentomologen. Das gilt besonders für jene Großinsekten, die als Indikatoren nur unter den Freilandbedingungen, nicht in der Enge von Laborsimulationen erfahrbar sind und die bei überschaubarer Artenzahl und guter Präsentation sich vom Kenner im natürlichen Kontext ohne störenden Fang direkt als Art ansprechen und ökologisch be-

werten lassen. Beispiele dafür sind Tagfalter, Heuschrecken und Libellen, die dementsprechend in der Öffentlichkeit (und der Naturschutzgesetzgebung) eine besondere Beachtung gefunden haben, was aber leider auch eine emotionelle und juristisch/administrative Belastung der praktischen Arbeit mit sich brachte (Stichwort: Artenschutzverordnung). Das bedeutet für uns Entomologen eine Herausforderung zur Neubesinnung, zu der hier - aus der Sicht der Odonaten - ein Beitrag in historischer Herleitung geleistet werden soll (vgl. SCHORR 1990).

Faunistik hatte in der Biologie oft den Ruf minderer wissenschaftlicher Qualität, ihre Bezugsdisziplin an den Universitäten, die Systematik, ist zwischenzeitlich auch drastisch reduziert worden (vgl. HERRE 1967, RATHMAYER 1975, BOECKH & PFANNENSTIEL 1986 sowie KRAUS 1976). So ergeben sich für die Freilandentomologie einige Fragen zum wissenschaftlichen Grundverständnis, die vorab angesprochen werden sollen.

## 2. Faunistik und Wissenschaftlichkeit

Naturwissenschaft ist auf Gesetzmäßigkeiten in den Naturerfahrungen gerichtet, also auf Vorgänge und Zusammenhänge, die unter definierten Bedingungen von jedem Sachkundigen nachvollziehbar und damit auch überprüfbar sind (Bedingungen der Objektivität und Verifikation). Das impliziert für die Faunistik eine passende Klassenbildung der Objekte, Sammeln von Belegen für die Kontrolle der Zuordnung und die Analyse von Antreffbedingungen und -wahrscheinlichkeiten.

Der Faunist sammelt Individuen, die universelle Bezugskategorie ist die Art. Gemäß der biologischen Artdefinition (potentielle natürliche Fortpflanzungsgemeinschaft) ist es (im Gegensatz zu den abstrakten höheren Taxa) eine reale systematische Kategorie (HERRE 1967, MAYR 1967, 1984, WILLMANN 1985), deren Mitglieder zu gegebener Zeit (vor allem bei der Paarfindung und der Konkurrenz um Partner) die Artzugehörigkeit erkennen und beachten. Die Arten sind aber auch Ausdruck ihrer Geschichte, also ihrer Evolution. Phylogenetische Systematik sucht nach Indizien für diese natürliche Verwandtschaft (wie Synapomorphien; vgl. HENNIG 1969, MAYR 1990, SUDHAUS & REHFELD 1992 sowie AX 1984). Faunistik braucht dagegen vornehmlich die sichere und praktische Differentialdiagnose für die Arten (also handliche Bestimmungsschlüssel), möglichst nicht nur für die Imagines der Insekten, sondern auch für Puppen und Larven nebst deren Exuvien. Diese Schlüssel nutzen vor allem die morphologischen Merkmale des Chitinskeletts, als Beleg sind daher präparierte Exemplare besonders geeignet, die entsprechende Sammlung wird so zum Attribut der Wissenschaftlichkeit, die solide Artenkenntnis zu ihrer Grundlage, das rasche Erkennen der Arten im Feld begünstigt die Erfassung.

Arten, die für uns wahrnehmbare artspezifische Fernsignale (wie die Gestalts- und Farbmuster von Tagfaltern und Libellen, Gesänge der Springschrecken) bieten, brauchen vom Kenner nicht mehr zur Bestimmung oder als Beleg gefangen zu werden, was eine Einordnung in den biologisch/ökologischen Konnex und Abundanz-

schätzungen erleichtert. Belege für die Artdiagnose bleiben unter dem Primat der Verifikation unverzichtbar, können jedoch auch ohne Fang durch Foto- oder Tondokumentation erlangt werden. Das kommt auch den jetzigen Artenschutzverordnungen entgegen. Augenwischerei ist es dagegen, wenn die damit verbundenen technischen (und zeitlichen) Aufwendungen gescheut, Tiere traditionell mit dem Netz gefangen und nach Betrachtung zur Bestimmung wieder freigelassen werden. Dann fehlt eben die Kontrollmöglichkeit, bei Libellen wurden in Einzelfällen gravierende Irrtümer offensichtlich: die Wissenschaftlichkeit der Erfassung ist gestört, ihr Wert wird dubios (die entsprechenden Gutachten werden jedoch in der Regel von den fachlich nicht hinreichend kompetenten oder interessierten Auftraggebern akzeptiert, wenn das Ergebnis zu den Zielvorgaben paßt). Leider sind (z.B. bei Odonaten) die gängigen Bestimmungswerke auf die Optimierung von Sichterfassungen noch nicht ausgerichtet. Hier bleibt noch viel zu tun.

Insekten sind oft hoch mobile Tiere, ein Fund kann also leicht Zufall sein. Überdies treten viele Arten (wie selbst die Libellen) nur bei bestimmten Aktivitäten oder Ansammlungen auffällig oder leicht nachweisbar in Erscheinung (wie bei den Ansammlungen der fortpflanzungsgestimmten Libellen an potentiellen Brutgewässern bei Sonnenschein), typisch ist eine oft eng begrenzte Flugzeit, sind unscheinbare oder versteckte oder schwer bis zur Art bestimmbare Entwicklungsstadien. Wissenschaftlichkeit bei faunistischer Arbeit bedeutet also Fundkorrelation mit Angaben, die den Status und damit die Antreffwahrscheinlichkeit deutlich machen, eine Fundkontrolle ermöglichen. Minimum dafür sind die traditionellen Angaben zu Fundort und -datum, möglichst präzise Habitatangaben, ergänzt durch Statusabschätzungen. Damit erhalten Langzeiterfassungen ausgewählter Biotope einen besonderen Stellenwert (KIKILLUS & WEITZEL 1981).

Die traditionelle morphologische Artdifferenzierung müßte damit konsequenterweise um die artspezifische Öko-Ethologie und Habitatpräferenz als Bezugssystem erweitert werden. Das den Anfänger oft verblüffende "Vorführen" von "Raritäten" durch den erfahrenen Faunisten beruht in aller Regel auf einer (manchmal intuitiven) intimen Kenntnis dieser Spezifika. Faunistik sollte in diesem Sinne also auf repräsentative, somit nachprüfbar Erfassungen gerichtet sein. Dazu gehört auch die Umsetzung der biologisch-ökologischen Artdiagnose in eine effektive Suchstrategie (SCHMIDT 1985a). Unsere gängigen Feldführer für Insekten haben da oft erhebliche Defizite.

### 3. Grundlagen und Ursprünge der Faunistik

#### 3.1. Nomenklatur und hierarchisches System (Linné, Fabricius)

Der wissenschaftliche Name der Arten ist der Schlüssel zum bereits angesammelten Wissen über die Arten und für die Eingliederung neuer Forschungsergebnisse. Eine tragfähige wissenschaftliche Nomenklatur ist damit die Voraussetzung für jede artbezogene Wissenschaft, insbesondere für die Faunistik. Es ist der Verdienst des

Schweden Carl von Linné, mit der binären Nomenklatur (entsprechend den modernen Personennamen) und der Einordnung der Arten in ein hierarchisch-enkaptisches System eine beliebig ausbaufähige Ordnung gefunden und durchgesetzt zu haben. Die 10. Auflage von *Systema naturae* (Tom. 1) von 1758 wurde zum Jahr Null der Zoologischen Nomenklatur. Alle Odonaten waren in der 207. Gattung *Libellula* vereint, 18 Arten wurden benannt, darunter 13 aus Europa (1. *quadrimaculata*, 2. *flaveola*, 3. *vulgata*, 4. *rubicunda*, 5. *depressa*, 6. *vulgatissima*, 7. *cancellata*, 8. *aenea*, 9. *grandis*, 10. *juncea*, 11. *forcipata*, 17. *virgo*, 18. *puella*). Die Arten erhielten eine (lateinische) Kurzdiagnose, Literaturverweise auf bereits vorhandene Beschreibungen oder Abbildungen (z.B. bei RÖSEL VON ROSENHOF: vgl. das Taschenbuch von 1978), auch Spezifikation von Varietäten, die sich später als Farbformen, Stadien, Geschlechtsdimorphismen oder eigene Arten ergaben. Linné hatte auch eine Sammlung der beschriebenen Formen angelegt, die spätere Auslegungsprobleme klären half.

Linné wurde so zum Vorbild der Taxonomie seiner Zeit (JAHN 1990, MAYR 1984). Unter seinen Schülern ist aus entomologischer Sicht vor allem der spätere Kieler Professor für Naturgeschichte, Oekonomie und Cameralwissenschaft Fabricius zu nennen. Er hatte zwei Jahre direkt bei Linné in Uppsala, danach noch in Kopenhagen, Leipzig und Edinburgh studiert und auf zahllosen Reisen zu den führenden Entomologen seiner Zeit die bedeutenden Insektensammlungen untersucht (FABRICIUS 1819). Aus dieser großen Erfahrung heraus erfolgte die Revision des Systems der Insekten vornehmlich nach den Mundwerkzeugen. Bei den Libellen trennte er die Gattung *Aeshna* und *Agrion* von *Libellula* ab und führte den Namen Odonata ein (vgl. FABRICIUS 1793).

### 3.2. Erste Faunisten

Schon bald nach Linné gab es regionale Monographien, für Odonaten z.B. für Friedrichsdal bei Kopenhagen (MÜLLER 1764), Bonn (VANDER LINDEN 1820) und Ostpreußen (HAGEN 1839). Diese Arbeiten waren jedoch vornehmlich Artenlisten mit Kurzbeschreibungen, auch systematischen Anmerkungen; der eigentlich faunistische Anteil (wie präzise Orts- oder Biotopangaben) blieb gering.

### 3.3. Monographien und Klärung der Synonymien (1825-1850)

Schon der Weg von Linné zu Fabricius zeigte, daß die Artenfülle gerade der Insekten zu einer Spezialisierung zwang. Selbst bei den Odonaten kamen (unbeschadet der entomologischen Handbücher von BURMEISTER 1839 und RAMBUR 1842) wesentliche Fortschritte mit monographischen Abhandlungen (wie VANDER LINDEN 1825, CHARPENTIER 1840 und SELYS-LONGCHAMPS 1840). Deren Universalität wurde jedoch dadurch beeinträchtigt, daß nach den dürftigen Diagnosen, denen in der Regel auch keine Abbildungen beigegeben waren, die Arten oft nicht wiederzuerkennen waren; die angelegten Sammlungen konnten angesichts der Reiseerschwerisse nicht verglichen werden, überdies war das Konzept des Ty-

pus exemplars noch nicht hinreichend entwickelt. So gab es bei vielen Arten ein heilloses Durcheinander. Am Beispiel der Odonaten sei auf *Libellula* (jetzt *Gomphus*) *vulgatissima* Linnaeus, 1758, verwiesen: der ursprünglichen Beschreibung lag allem Anschein nach ein unausgefärbtes Exemplar der häufigsten Großlibelle Nordeuropas (*Sympetrum danae*) zugrunde. Dieses Exemplar wurde offenbar später gegen ein "besseres" (aber eben von *Gomphus vulgatissimus*) ausgetauscht, das den Platz in der erhaltenen Sammlung von Linné einnahm (vgl. SCHMIDT 1989b) und den heutigen Gebrauch des Namens *vulgatissimus* formal sichert. Fast 100 Jahre lang war überdies die Zuordnung der Namen *vulgatissimus* und *forcipatus* (L., 1758; heute in *Onychogomphus*) konfus, unter *cancellatum* (L., 1768; heute in *Orthetrum*) wurde vielfach das o.g. *Sympetrum danae* verstanden. Die Beispiele lassen sich endlos fortsetzen. Die Klärung vieler dieser Synonymien ist vor allem der Dissertation von HAGEN (1840) und späteren Ergänzungen (z.B. HAGEN 1844 a,b) zu verdanken, wobei auch die Überprüfung der Sammlung Linnés in London eingeschlossen wurde (HAGEN 1845). Die zusammen mit HAGEN überarbeitete Monographie von SELYS-LONGCHAMPS (1850) brachte dann Einheitlichkeit und Ordnung für die europäische Odonatenfauna auf dem Kontinent. Leider wurde sie von den Briten (insbesondere von KIRBY 1890) durch weltfremden Formalismus gestört. Dazu gehören einmal Umdeutungen im Wortstamm insbesondere der Namen *Agrion* und *Aeshna* von Fabricius, deren sprachliche Wurzel im Dunklen liegt (*Agrionidae*: *Agriidae*; *Aeshna*: *Aeschna*), zum anderen Umdeutungen der Typusart von *Agrion* Fabricius (dort mit den beiden Beispielen *virgo*, *puella*). KIRBY unterdrückte also *Calopteryx* Leach, 1815 (Typusart *virgo* L.) zugunsten von *Agrion* Fabricius, 1775 (Typusart *virgo* L.) statt *Agrion* Fabricius, 1775 (Typusart *puella* L.), für das er *Coenagrion* Kirby, 1890 (Typusart *puella*) neu schuf. Das setzte sich etwa ab 1935 auf den britischen Inseln (und im Gefolge davon im englischen Sprachraum) durch, *Agrion* erhielt damit eine konträre Bedeutung zum sonst üblichen Gebrauch, was eine heftige, z.T. emotional geführte Diskussion auslöste (vgl. LONGFIELD et al. 1949) und zu Doppeldeutigkeiten bis in den Rang der Überfamilie hinauf führte. Inzwischen ist der Vorschlag CALVERTS (in LONGFIELD et al. 1949), auf den Namen *Agrion* zugunsten der eindeutigen Namen *Coenagrion* und *Calopteryx* zu verzichten, in der Praxis akzeptiert worden. Namenswechsel aus rein nomenklatorischen Gründen ergibt sich auch heute noch bei Synonymen, wenn ein älteres Synonym in den großen Monographien als dubios angesehen, damit unterdrückt, von manchen Autoren aber doch akzeptiert worden war und es dann zur Beilegung des Nebeneinanders heute als der gültige Name angesehen wird wie bei *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785) statt *O. serpentinus* (Charpentier, 1825).

Für den Praktiker ist dieser Namenswechsel mißlich. Überdies ist er davon betroffen, daß die wissenschaftlichen Namen in der Dialektik von taxonomischer Dynamik und pragmatischer Kontinuität stehen. Für Amateurfautisten haben sich daher einheitlich gewordene deutsche Namen (wie bei Libellen) als praktisch erwiesen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei den wissenschaftlichen Namen, die natürlich überregional unersetzlich sind, die zum Artnamen gehörende Angabe von Autor und Jahr unnötig geworden ist und der Einfachheit halber entfallen sollte. Diese Angabe trägt heute zur Eindeutigkeit nicht mehr bei und hilft auch nicht in den Fällen unterschiedlich breiter Fassung (als Klein- oder Sammelart), fördert auch einen unwissenschaftlichen Vergangenheits- und Personenkult (hilfreich und im Sinne des üblichen Aktualitätsprinzips wäre eher der Verweis auf die letzte monographische Klärung).

### 3.4. Populäre Bestimmungshilfen und Formenübersichten

Faunistik wurde und wird weitgehend von Amateuren betrieben. Sie brauchen populäre, aber sichere Bestimmungshilfen mit einer verständlichen Einführung in ihre Gruppe als Grundlage. Das setzt die wissenschaftliche Klärung voraus. So gab es für die Odonaten Deutschlands einen ersten Schub um die Jahrhundertwende mit dem "TÜMPEL" (1901) und der "Süßwasserfauna" (Hrsg. BRAUER, Odonaten durch RIS 1909); hingewiesen sei auch auf FRÖHLICH 1903. Gehobene Ansprüche (für die Imagines) erfüllte dann die Bearbeitung der Odonaten im "Großen Brohmer" durch Er. SCHMIDT (1929), während die Bearbeitung in der "Tierwelt Deutschlands" (Hrsg. Dahl; Odonaten durch MAY 1933) zwar ein reiches Datenmaterial kompilatorisch aufgearbeitet hat, in dem Bestimmungsschlüssel jedoch schwach ist. Nach dem Krieg weckte der "SCHIEMENZ" (1953) bei vielen die Begeisterung für Libellen, der Deutsche Jugendbund für Naturbeobachtung gibt einen handlichen Bestimmungsschlüssel für Libellen (1970, seitdem zahlreiche Überarbeitungen wechselnder Autoren) heraus, überdies ist derzeit eine Fülle an bebilderten Naturführern auf dem Markt. Für wissenschaftlich verlässliche Bestimmungen auch in Grenzfällen und nach Fotobelegen reichen diese Werke allerdings nicht aus, auch fehlen im deutschsprachigen Raum immer noch verlässliche Bestimmungswerke für Larven und Exuvien; für den europäischen Raum ist die Lage nicht besser (vgl. ASKEW 1988, CARCHINI 1983).

## 4. Faunistik

### 4.1. Einführung und deskriptive Faunistik

Faunistik ermittelt die Arteninventarien zoologischer Taxa für (kleinere oder größere) Regionen und liefert damit die Bausteine für die Arealkunde (Chorologie: DE LATTIN 1967). Unter dem Aspekt der Wissenschaftlichkeit (Kap. 2) müßte die Faunistik auf Fundpunkte mit breit fundierten Statusbestimmungen und damit gesicherter Nachprüfbarkeit gegründet sein, also solide Biotoperfassungen als Ausgangspunkt haben. Faunistik entsprang aber der Faszination von wissenschaftlich engagierten Amateuren an der Artenmannigfaltigkeit mit besonderem Reiz des Nachweises von Raritäten (SCHMIDT 1970), bei Insekten belegt durch Vollständigkeit in den Sammlungen. Da war es bei der knappen Zeit nicht attraktiv, einzelne Stellen genau zu untersuchen, man durchstreifte lieber die Region auf Stellen mit

besonderen Arten hin. Die mit Datum und Ort etikettierte Sammlung war dann oft das wissenschaftliche Tagebuch, der Eindruck von der Häufigkeit und zu den bevorzugten Biotopen die ergänzende Differenzierung. Faunistik dieser Art konnte nur deskriptiv sein und war in besonderer Weise mit Fehlern infolge der Lückenhaftigkeit des Materials, seiner Zufälligkeiten und der Heterogenität der Erfasser betroffen (vgl. SCHILDER 1956), die Verbreitungsbilder spiegeln dann auch oft mehr die Verbreitung der Spezialisten und ihrer Vorzugsgebiete als die der Arten wider (SCHMIDT 1977). Für die Libellen der (ehemals preußischen) Rheinlande seien LE ROI (1908, 1915) ergänzt durch Er. SCHMIDT (1925), für Westfalen GRIES & OONK (1975) als Beispiel genannt. Eine großräumige tabellarische Übersicht gibt z.B. ILLIES (1978). Bei hinreichendem Datenmaterial aus der betreffenden Region werden die Verteilungsmuster der Arten erst durch Kartenbilder anschaulich. Die Steigerung der faunistischen Aktivitäten ab etwa 1960 hat in Ausnutzung der Fortschritte in der zunächst mechanischen, dann elektronischen Datenverarbeitung zu einem "Kartierungsboom" geführt. Anstöße gingen dabei von dem internationalen Projekt "Erfassung der Wirbellosen Europas (EEW = European Invertebrate Survey EIS, vgl. MÜLLER 1974, MOL 1984) aus. Diese Karten wurden EDV-gerecht als Rasterkarten im UTM-Gitter (zumeist als 5-oder 10-km-Gitternetz), nicht als Punktverbreitungskarten angelegt. Als Kartierungszentren etablierten sich freie Arbeitsgruppen, Institute oder auch Landesämter (für Libellen vgl. z.B. ALTMÜLLER et al. 1981, JÖDICKE et al. 1989, KIKILLUS & WEITZEL 1981).

#### 4.2. Kausale Faunistik: Arealtypenbezug

Die Trennung in descriptive und kausale Faunistik wurde in Anlehnung an die entsprechende Gliederung der Zoogeographie bei DE LATTIN (1967) hier übernommen, obwohl sie eher als akademisch erscheint. Mit "kausaler" Faunistik sind oft auch nur Bemühungen um die Korrelation regionaler Verbreitungsmuster mit biogeographischen Eigenschaften der betreffenden Arten gemeint. HESSE (1924) und DE LATTIN (1967) betonen dabei die Dialektik von historischen und ökologischen Gegebenheiten. Für die Faunistik in einem Gebiet von der relativ geringen Ausdehnung Mitteleuropas bei einer mobilen Tiergruppe wie den Insekten (und insbesondere den Libellen) ist die Korrelation von Verbreitungsmustern innerhalb dieses Gebietes mit historischen (insbesondere glazialen) Bedingungen nicht überzeugend. Überdies wurden die eiszeitlichen Refugien (von Insekten im Gegensatz z.B. zu Großsäugern oder Kormophyten) mehr aus rezenten Arealknotenpunkten denn aus fossilen/subfossilen Artbelegen (die z.B. bei Libellen praktisch fehlen) erschlossen, hinreichende ökologische Details zu den Gebieten in jener Zeit liegen auch nicht vor (vgl. REINIG 1937). So dürften spekulative Elemente wesentlich in die Hypothesen eingegangen sein.

Statt des historischen Bezugs (Faunenelemente als Artengruppen mit gemeinsamen rezenten Kerngebieten, die als glaziale Refugien gedeutet werden: DE LATTIN 1967) wären daher die Geoelemente (vgl. FREITAG 1962) zu bevorzugen. Sie sind eine

Arealklassifizierung, die sich an die Vegetationszonen der Erde anlehnt, durchaus den Faunenelementen ähnliche Klassen liefert, aber den (als mehr oder weniger spekulativ belasteten) Bezug auf die glazialen Refugien vermeidet. Die Geoelemente dürften artspezifisch relevante großklimatische Faktorenkonstellationen widerspiegeln, die an Arealgrenzen zu mikroklimatischen Habitatbestimmungen führen. Unterschiedliche Beispiele für die Korrelation von (Odonaten-)Faunen mit Faunen- oder Geoelementen finden sich z.B. bei QUENTIN (1960), DEVAI (1976), SÖMME (1937), STARK (1976), VALLE (1952).

#### 4.3. Ökologische Faunistik: Biotopbindung

Die ökologische Tiergeographie ist bei DE LATTIN (1967) die andere Seite der kausalen Tiergeographie. Übertragen auf die Faunistik entspricht dem der spezifische Bezug zu Biotoptypen, die spezifische Form von Biotopbindung (vgl. TISCHLER 1949). Aus dem nordwestdeutschen Raum hatte dazu PEUS (in seiner Dissertation an der Universität Münster: PEUS 1928, 1932) für die Hochmoorfauna die Tyrphobionten und Tyrphophilen besonders hervorgehoben. Die Bindung an Quellen (Krenobionte, -phile: GEUSKES 1935) oder das strömende Wasser (Rheobionte, -phile, zusammen als Rheotypische bei BÖTTGER 1986) sind andere Beispiele. Eine enge Biotopbindung von Arten bedeutet für den Faunisten, daß das Verbreitungsmuster einer solchen Art dem Verbreitungsmuster des entsprechenden Biotoptyps entspricht (vgl. z.B. SCHMIDT 1977). - Den wirklichen Ansprüchen der Arten kommt (bei Libellen) das Strukturtypenkonzept näher (SCHORR 1990).

#### 4.4. Dynamische Faunistik: Faunenveränderung, -verarmung

Mitteuropa liegt im Schnittpunkt verschiedener Geoelemente mit Häufung von Arealgrenzen (vgl. ILLIES 1978). Damit ergeben sich von Natur aus (z.B. bei Klimaschwankungen) Veränderungen in der Fauna. Hinzu kommen die gravierenden zivilisatorischen Umgestaltungen in der Industrielandschaft, die Ausweitung der Ballungsräume und die Rationalisierung der Landwirtschaft, die flächendeckende Intensivierung der Freizeitaktivitäten und Abfallbelastung. Das bedeutete die Einschränkung bzw. Auslöschung der Überlebensmöglichkeiten für viele Arten. Faunistik erhielt damit die aktuelle Aufgabe, diese zivilisatorisch bedingten Veränderungen differenziert zu belegen. Typisch für Libellen z.B. ist ein drastischer Rückgang vor allem der kontinentalen Arten nährstoffärmerer Klimaxbiotope und der Fließgewässerarten, aber eine Begünstigung mediterraner Arten (vor allem von Pionierarten von Stillgewässern), die z.B. die thermisch günstigen Frühstadien von Gewässerneuanlagen und Kiesgrubenrestaurierungen nutzen können und von Auflichtungen der Ufervegetation im Gefolge von Freizeitnutzungen eher profitieren, wobei klimatische Begünstigungen und die Ausbreitungslage mitspielen können. Der faunistische Nachweis derartiger Faunenveränderungen nutzte die Rasterkartierungen mit Hilfe einer zeitlichen Differenzierung (s.o. sowie VAN TOL & VAN HELSDINGEN 1981), die aber erst durch eine ökologische Kommentierung aussage-

kräftig wird (für Libellen z.B. ALTMÜLLER et al. 1989, BAYR. LANDESAMT UMWELTSCH. 1988, GLITZ et al. 1989, KIKILLUS & WEITZEL 1981, SCHMIDT 1979, 1981 sowie z.B. für die britischen Inseln HAMMOND & MERRITT 1983, für die Niederlande GEIJSKES & v.TOL 1983 und für die Schweiz MAIBACH & MEIER 1982/83).

#### 4.5. Naturschutz-Faunistik: Rote Listen der gefährdeten Arten

Aus der Sicht des Artenschutzes sind Bestandsabnahmen bis hin zur Bestandsgefährdung wesentliche faunistische Grundlagen. Sie fanden in den letzten beiden Jahrzehnten ihren Ausdruck in den "Roten Listen" auf den verschiedenen regionalen Ebenen (vgl. z.B. BLAB et al. 1984, KAULE 1986, LÖLF NW 1986 sowie BLAB & NOWAK 1989): Diese Roten Listen wurden politisch als justiziabel angenommen und daher ein wertvolles Instrument der praktischen Durchsetzung von Naturschutzmaßnahmen. Dabei stehen sie aus der Sicht des Entomofaunisten (ähnlich wie die wissenschaftliche Nomenklatur) in der Dialektik der Dynamik des wissenschaftlichen Fortschrittes und der Forderung nach Konstanz aus der Sicht der Anwender. Das führte zu Abstrichen vor allem seitens der Faunisten und damit zu unterschiedlicher Beurteilung ihres Wertes. Überdies ergab sich auch eine unterschiedliche Diktion bei den Roten Listen und in den zwischenzeitlich umgestalteten Artenschutzverordnungen und -gesetzen bzw. Naturschutzgesetzen. Diese wiederum haben durch rigorose Ächtung wissenschaftlichen Sammelns und Reglementierungen der Sammlungen die Entomofaunistik sehr belastet. So steht gerade der Amateurentomologe mit überregionalen Interessen in dem Dilemma der rapide wachsenden Datennot bei schwindendem entomologischen Arbeitspotential und den unnötigen administrativen Hemmnissen eines vom Gesetzgeber falsch verstandenen Artenschutzes. Artenschutz durch Biotopschutz scheint sich auch mehr von oben, vom Europarat her durchzusetzen (vgl. für Libellen VAN TOL & VERDONK 1988 sowie z.B. GEIL 1982/83).

### 5. Entomologische Biotoperfassungen

#### 5.1. Einführung

Faunistik umfaßte schon immer neben der flächendeckenden Erfassung des Artenbestandes einer Region (wie vorstehend unter dem Stichwort Faunistik i.e.S. skizziert) auch die Erfassung des Artenbestandes ausgewählter Biotope (vgl. z.B. ULMER 1904, FISCHER 1936, MÜLLER 1924 oder für Libellen REMKES 1909, als Gemeinschaftsprojekt verschiedener Spezialisten z.B. MÖLLER 1941). Biotoperfassungen erlauben dank des besseren Ortsbezuges und umfassenderer Angaben (wie schon durch auf den Ort bezogene Artenlisten) besser eine Verifikation und erfüllen damit eher eine Grundvoraussetzung wissenschaftlichen Arbeitens in der Faunistik. Nur über solide Biotoperfassungen ist der Status der Arten, sind ökologische Bezüge greifbar zu machen. Sie sind damit Eckpfeiler einer wirklich kausalen Faunistik und müßten einen entsprechenden Stellenwert für die Grundlegung der Biogeographie schlechthin erhalten. Zugleich erlauben sie bei passendem

Ansatz eine individuelle, biologisch begründete Biotopdiagnose und - je nach Zielsetzung - auch eine angemessene Therapie bzw. regionale Biotopschutz und -entwicklungskonzepte (vgl. BAYR. LANDESAMT UMWELTSCH. 1988, FREISTAAT SACHSEN 1992, RHEINLAND-PFALZ 1991). Dieses ist mit dem Stichwort Bioindikation gemeint. Das Konzept dafür soll im folgenden Kapitel hergeleitet werden. Hier geht es vor allem um die notwendigen Differenzierungen bei der praktischen Arbeit in Anbetracht knappen Arbeitspotentials. Adressat ist dabei nicht nur der idealistische Amateurentomologe, sondern auch der professionelle Ökologe an Landesämtern oder in freiberuflichen Büros. Sie decken derzeit in hohem Maße die Nachfrage nach Biotoperfassungen aus dem Naturschutz oder administrativen Belangen (wie Umweltverträglichkeitsprüfungen) ab, nicht selten mit unzureichenden Mitteln und Grundlagen.

## 5.2. Habitatbezug und Phänologie; Indikatorsysteme

PEUS, der den Aspekt der Biotopbindung am Beispiel des Hochmoores (1928, 1932) gerade auch den Entomologen besonders nahe gebracht hatte, hat später (PEUS 1954) den Bezugspunkt Biotop wieder in Frage gestellt. Entscheidend war die Erfahrung, daß die einzelnen Arten innerhalb der Biotope, auch biotopübergreifend (wie bei vielen Insektenimagines) artspezifische Teilbereiche, ihre Habitats (= engl. microhabitat; engl. habitat = Biotop; Konfusion bei Habitat als Anglizismus wie z.B. bei BEGON et al. 1991), bewohnen. Diese Habitats können je nach Stadium (z.B. Ei-substrat, Larvenhabitat, Verpuppungsort, imaginale Habitats), Jahreszeit (z.B. Winterquartiere) und Funktionskreis (z.B. Fraß-, Ruhe-/Schlaf-, Paarfindungs-/Paarungs-Eiablagehabitat der Imagines z.B. von Stechmücken: PEUS 1950) wechseln. Man muß daher nach Stadien differenzieren und die Habitatpräferenz im saisonalen Bezug (z.B. zur Flugzeit) ermitteln (vgl. z.B. PEUS 1928, mit saisonalen Abundanzkurven z.B. SCHMIDT 1964, 1971).

Eine Verfeinerung dieses Ansatzes erlaubt die Habitattypisierung durch Biotopstrukturelementtypen (für Libellen vgl. SCHORR 1990).

In die Richtung des Nischenkonzeptes (Kap. 7) weisen Indikatorsysteme. Sie sind vor allem für die Beurteilung der Güte von Fließgewässern vorangebracht worden. Bekannt ist das Saprobien-system für die Abwasserbelastung von Fließgewässern (vgl. NAGEL 1989) mit Deutscher Industrie-Norm (DIN) für die Anwendung und Indizierung der Arten, ohne daß die ökologische Relevanz überzeugend nachgewiesen wäre (eklatant bei den 8 aufgenommenen Odonatenarten, darunter eine rheoxene Art, *Aeshna cyanea*, 2 "Ubiquisten", *Chalcolestes viridis* und *Pyrrosoma nymphula*, und 2 Habitatspezialisten, *Cordulegaster boltoni* und *Onychogomphus forcipatus*, die daher im Unterlauf von Natur aus fehlen müssen, während umgekehrt *Platynemis pennipes* dem Oberlauf fremd ist). Auch ein pauschaler Strömungsbezug (rheotypische Arten bei BÖTTGER 1986) wird weder der realen Vielfalt noch der einstigen Stau- und Erosionsdynamik natürlicher Waldbäche gerecht. Dif-

ferenzierter ist der an den Belangen der Landespflege orientierte Ansatz von REHFELDT (1984).

Alle diese Bewertungsansätze sind in Entwicklung und Anwendung zunächst einmal davon abhängig, daß die Artenerfassung angemessen Zufälligkeiten aussondert und die ökologisch relevanten Arten des Biotops repräsentativ erfaßt. Das erfordert bei mobilen Arten mit relativ geringer Abundanz und spezifischen Raumverteilungsmustern spezifische Erfassungstechniken, die im folgenden am Beispiel der Odonaten pragmatisch angesprochen werden sollen.

### 5.3. Öko-Ethologie und Suchstrategie

Sehen wir Öko-Ethologie zunächst einfach unter dem Raumbezug der Verhaltensweisen, so ergibt sich eine enge Beziehung von artspezifischen Verhaltensmustern und der jeweiligen Habitatpräferenz im saisonalen Bezug. Für die Optimierung der Biotoperfassung ist da heraus eine artspezifische Suchstrategie abzuleiten. Sie ist den individuellen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes anzupassen, erfordert damit zusätzlichen zeitlichen Aufwand, macht aber die sonst leicht zu übersehenen Arten zugänglich (vgl. z.B. SCHMIDT 1985 a,b).

### 5.4. Statusermittlung: Repräsentatives Artenspektrum

Insekten sind hoch mobile Tiere, Zufallsfunde sind daher überall möglich, jedoch für wissenschaftliche Analysen auszusondern. Bei Libellen (oder Lepidopteren) ist auch der Bodenständigkeitsnachweis als solcher kein Ausweg, da Durchzügler durchaus eine Larvengeneration hinterlassen und zum Ausschlüpfen bringen können. Bei Libellen ist überdies eine repräsentative Erfassung der Larven (oder Exuvien) aus verschiedenen Gründen erschwert, der Sichterfassung der fortpflanzungsgestimmten Imagines bei optimalen Flugbedingungen in Verbindung mit Schlüpfnachweisen daher der Vorzug zu geben (SCHMIDT 1991 und in BLAB & NOWAK 1989). Als indigen werden dann (in erster Näherung) die Arten angesehen, die bei einer beliebigen Stichprobe, jedoch bei optimalen Erfassungsbedingungen vom Kenner mit passender Suchstrategie mit Sicherheit angetroffen werden können. Sie sind dann nach pragmatisch gefaßten Abundanzklassen (für Libellen vgl. SCHMIDT 1983a, 1991), denen auch die Antreffquote für Fortpflanzungsaktivitäten und Schlüpfnachweise entsprechen sollte, zu gewichten. Der so ermittelte Status wird dann auch angemessen der Forderung nach Objektivität und Nachprüfbarkeit gerecht, die untersuchte Artengruppe wird mit dieser Differenzierung nach dem Status zum repräsentativen Artenspektrum. Es liefert die wünschenswerte Basis sowohl für die Biotopcharakterisierung (durch die untersuchte Artengruppe) als auch für biogeographische Analysen (für Odonaten vgl. SCHMIDT 1985b).

### 5.5. Quantitative Arterfassungen ("Populationsstudien")

Akademisches Ziel für die Erfassung von Arten in einem Biotop ist die Quantifizierung. Es gilt dann also, nicht nur die Abundanz, sondern die absolute Individuenzahl

der untersuchten Art(en) und ihre Dynamik zu ermitteln. Das ist bei so mobilen Tieren wie Insekten nur durch (möglichst) individuelle Markierung und Ermittlung der Wiederfundraten möglich (MÜHLENBERG 1976; für Odonaten vgl. z.B. CORBET 1957, SCHMIDT 1964, OTT 1990). Für Odonaten ergab sich dabei eine hohe Austauschrate in der Reifungszeit (1-4 Wochen nach dem Schlüpfen), eine je nach Art mehr oder weniger geringere für adulte Imagines. Diese Markierungen liefern zwar außerordentlich wertvolle Daten zur Biologie der betreffenden Arten, sind aber im Rahmen von Biotoperfassungen kaum einsetzbar (vgl. SCHMIDT 1964, OTT 1990): der Aufwand ist außerordentlich hoch, ohne daß die Biotopcharakteristik entscheidend verbessert wird, es können nur ausgewählte Arten untersucht werden, "passable" Resultate gibt es überhaupt nur bei bestimmten Abundanz und Überschaubarkeit des Untersuchungsgebietes, Abwandern und Absterben können nicht getrennt werden, um nur einige Aporien zu nennen. Bei Odonaten kommt erschwerend hinzu, daß die schonende Markierung frisch geschlüpfter Imagines technische Probleme aufwirft, auch der Netzfang adulter Imagines nicht ganz ohne Opfer durchzuführen ist (vgl. auch ZWICK 1992).

Die vorliegenden Markierungsstudien an Odonaten belegen jedoch eindeutig die Problematik des Begriffs "Population" für die Individuenmenge einer Art in einem Untersuchungsgebiet. So wird dieser Begriff in der Ökologie üblicherweise verwendet (vgl. z.B. SCHWERDTFEGER 1979). In der (Evolutions-)Genetik ist eine Population dagegen eine Teilmenge einer Art, die genetisch nach außen hin relativ abgeschirmt ist und damit einer eigenständigen Entwicklung ihres "gene pools" unterliegen kann. Damit erhält diese Fassung des Populationsbegriffes eine fundamentale Bedeutung für das Verständnis von Evolution und von ökologischer Adaption der Arten, er sollte nicht vordergründig (wie im obigen Falle der Ökologie) verwässert werden. Bei Odonaten ist es in jedem Falle unsicher, woher in welchen Anteilen die Eltern eines Larvenjahrganges stammen und wohin die aus diesen Larven schlüpfenden Imagines sich verteilen; die Austauschraten sind jedenfalls hoch, Entfernungen von Hunderten von Kilometern wahrscheinlich nicht ungewöhnlich (vgl. das Beispiel Helgoland: SCHMIDT 1980); bei vielen Lepidopteren ist es sicher, bei vielen anderen Insekten wahrscheinlich ähnlich (vgl. z.B. HARZ & WITTSTADT 1957).

## 5.6. Biotopcharakteristik nach der Entomofauna

### 5.6.1. Grundsätze

Schon die Auswahl eines Biotops für die Erfassung der Entomofauna impliziert, daß dieser dem Typ nach einer der gängigen Biotopklassen (vgl. z.B. RIECKEN & BLAB 1989) zugeordnet ist. Zugleich ist damit eine bestimmte Ausstattung mit Vegetationseinheiten verbunden. So stellt sich die Frage nach dem Sinn von zusätzlichen zoologischen (hier im besonderen entomologischen) Biotoperfassungen und der Rechtfertigung des damit verbundenen Aufwandes. Die Antwort liegt darin, daß die einzelnen Tiergruppen in spezifischer Weise die Kennzeichnung nach Biotop- und

Vegetationstypen differenzieren und damit die Individualität besser kenntlich machen. Diese Individualität zeigt sich besonders und nachprüfbar direkt in den repräsentativen Artenspektren, jedoch nur für den Spezialisten. So gilt es, diese Artenspektren nach allgemeineren Gesichtspunkten zu strukturieren und sie so einem breiteren Publikum als Kriterium für die Biotopcharakteristik zugänglich zu machen. Einige gängige Beispiele sollen nachstehend angeführt werden (vgl. dazu KAULE 1986, PLACHTER 1991!).

### 5.6.2. Klassifizierung nach der Biotopbindung

Unbeschadet der o.g. Kritik am Bezugspunkt Biotop (PEUS 1954) hat sich die Klassifizierung nach der Biotopbindung als erste Näherung als hilfreich erwiesen (vgl. für Libellen z.B. SCHMIDT 1964, 1972, 1983 a,b für Moore oder 1971 für einen Wiesbach). Vorbild für eine solche Klassifizierung kann die Gliederung in euzöne (stenotope oder stenöke) Arten mit den spezifischen (treuen) Arten (Zönobionte) und den Präferenten (Zönophile, feste Arten), in tychozöne (holde) Arten (Eurytopen oder Euryzöne) und in azöne (vage) Arten (Ubiquisten) sein (TISCHLER 1949: 7). Diese Untergliederung ist zunächst nur auf die im untersuchten Biotop optimal vertretenen Arten anzuwenden, denn nur diese finden dort ihre Ansprüche voll erfüllt, nur sie können ihn positiv kennzeichnen. Die suboptimal vertretenen, aber beständig bodenständigen Arten zeigen Defizite auf, die mit der obigen Klassifizierung Richtungen andeuten können. Es bleiben noch die (Vermehrungs-) Gäste und Durchzügler (hierher auch die xenozönen, die fremden Arten bei TISCHLER 1949), die eher die Untersuchungsdichte und die Nähe zu entsprechenden Überschußbiotopen anzeigen, als daß sie den untersuchten Biotop kennzeichnen.

### 5.6.3. Klassifizierung nach der Habitatpräferenz: Biozönologie

Die Biozönologie befaßt sich mit typischen Artenkombinationen, die mit einer angemessenen Methodik im Gelände ermittelt werden (vgl. KRATOCHWIL 1991). Dabei dürften jeweils mit einander kompatible Arten mit ähnlichen Habitatpräferenzen zu einer Einheit zusammengefaßt werden. So gesehen ist die Biozönologie eine Differenzierung des Bezugs zur Biotopbindung mit einer pragmatischen Klassenbildung. Entsprechende Ansätze bei den Odonaten in Mitteleuropa litten jedoch darunter, daß sie empirisch nicht hinreichend konsequent angelegt waren (vgl. OTT 1991, SCHMIDT 1982), zumal bei der vergleichsweise geringen Artenzahl gegenüber dem Bezug direkt zu den Habitatpräferenzen der einzelnen Arten mit Zönosen nicht viel gewonnen werden kann (vgl. DONATH 1987). Das Bestreben, derartige Zoozönosen mit Vegetationskomplexen (möglichst sogar mit Taxa der Pflanzensoziologie: KRATOCHWIL 1991) in Korrelation zu setzen, bedeutet angesichts der anderen Ordnungsstruktur entomologischer Habitatpräferenzen ein zusätzliches Handicap (SCHMIDT 1991).

#### 5.6.4. Klassifizierung nach Arealtypen

Die Klassifizierung nach Arealtypen (oder auch Geo- bzw. Faunenelementen: s.o.) spiegelt (zumindest bei unseren Odonaten) in gewisser Weise großklimatische Ansprüche der betreffenden Arten wider (für Odonaten vgl. SCHMIDT in ILLIES 1978). Sie kann daher (als Untergliederung der Abundanzklassen des repräsentativen Artenspektrums) mikroklimatische Besonderheiten des untersuchten Biotops (bzw. auch schon des Biotoptyps) belegen (für das kalt-kontinentale Hochmoor und seine Odonatenfauna vgl. SCHMIDT 1967, für eine Oberrhein-Kiesgrube OTT 1991).

#### 5.6.5. Ökologische Indices

Aus den (semi-)quantifizierten Artenspektren können verschiedene ökologische Indices als Biotopcharakteristika errechnet werden (vgl. PLACHTER 1991). So sehr diese Indices auch eine derartige Biotoperfassung schmücken mögen, entscheidend ist jedoch, ob die Erfassungsdaten auch tragfähig (also repräsentativ) sind: hier wird heute oft gesündigt (vgl. z.B. LENZ 1991!). Ungewichtete Artenlisten sind als Datenbasis angesichts ihrer Heterogenität indiskutabel.

#### 5.6.6. Klassifizierung nach Gefährungsgraden ("Rote Listen")

Die "Roten Listen" der gefährdeten Arten haben sich im praktischen Naturschutz dank ihrer Akzeptanz in Politik und Justiz als hilfreich erwiesen. So ist es angebracht, den Bezug zu den (regionalen oder nationalen) Roten Listen einzubringen. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß der Status als Maß für die Etablierung der "Rote-Liste"-Arten in dem untersuchten Biotop vorrangig zu berücksichtigen ist.

### 6. Bioindikation nach dem Nischenkonzept der Ökosystemtheorie

#### 6.1. Grundsätze

Die Biotoperfassungen mit den vorstehend skizzierten Bezugssystemen bleiben im Grunde unbefriedigend. So wäre die Einbettung in die entsprechende ökologische Theorie, die Ökosystemtheorie, schlüssig zu gestalten. Dabei sollte die Biotopcharakteristik über eine Zustandsdiagnose hinaus die Systemdynamik einbeziehen, damit auf Schlüsselfaktoren (ODUM 1991) ausgerichtet sein und ggf. Therapievor schläge herleiten, die helfen, unterschiedliche Zielvorstellungen interessierter gesellschaftlicher Kräfte/Gruppen in einen langfristig ausgewogenen politischen Kompromiß zu bringen und ihn angemessen umsetzen zu helfen (SCHMIDT 1992). Das erfordert als ökologische Grundlage den Schritt vom Biotop zum Ökosystem, das so zu fassen ist, daß den Arten und den für sie wesentlichen Ökofaktoren eine tragende Rolle zukommt. Dabei ist die Dialektik von Universalität, auf die reine Wissenschaft von ihrem Denkansatz her ausgerichtet sein muß, und Individualität, mit der der Praktiker in jedem Einzelfall konfrontiert ist, von zentraler Bedeutung.

Diesen Gesichtspunkten entspricht die moderne Sicht des Ökosystems als ein offenes System mit den involvierten Arten als den Elementen und ihren Interaktionen

als den Relationen. Für diese Interaktionen ist der Begriff der (realen) ökologischen Nische gebräuchlich geworden. Diese ökologische Nische einer jeden Art eines bestimmten Ökosystems und Zeitpunktes umfaßt also die für diese Art dann und dort wesentlichen Ökofaktoren und ihre Rückwirkung auf das System, also ihre Überlebenssituation im Rahmen ihrer morphologischen, physiologischen und öko-ethologischen Ausstattung, also ihres (universell gültigen) artspezifischen ökologischen Potentials ("Nischenkonzept"). Bioindikation ist dann darauf gerichtet, aus dem Status der untersuchten Arten die Schlüsselfaktoren ihrer ökologischen Nische zu ermitteln (Diagnose) und ggf. Vorschläge zu ihrer Manipulation (Therapie) abzuleiten (vgl. SCHMIDT 1991, 1992, im Druck).

## 6.2. Praktische Abgrenzung von Ökosystemen

In die vorstehend genannte Definition eines Ökosystems ist die räumliche Abgrenzung nicht eingegangen, die Kennzeichnung als offenes System impliziert, daß sachlogisch die Grenzziehung nicht objektiviert werden kann. Die einzelnen Arten haben mit ihren Habitatpräferenzen sowieso sehr unterschiedliche Raummuster. Das hatte ja PEUS (1954) bewegt, den Begriff "Biotop" als Element der anthropogenen Landschaftsgliederung zu verwerfen, doch ist er gerade deshalb von hohem Kommunikationswert für uns. So sollte man Ökosysteme pragmatisch räumlich den üblichen Biotopklassifikationen zuordnen, aber ihren Charakter als offene Systeme beachten. Für Ökosysteme wird damit die Einbettung in ihr Umfeld zu einem wesentlichen Aspekt. Er wird von der Landschafts- oder Geoökologie des Systems abgedeckt (LESER 1991). Für die Untersuchung des Ökosystems selbst (Bioökologie: LESER 1991) ist die Gliederung in Kompartimente entsprechend den jeweils bestimmenden Produzentenlebensformen, den Vegetationskomplexen, zweckmäßig (SCHMIDT 1992). Geht man von einer Tiergruppe aus, so wäre stattdessen deren Habitatbezug in den Vordergrund zu stellen.

## 6.3. Die universelle ökologische Artdiagnose: das ökologische Potential der Art

Aus entomologischer Sicht ist die (biologisch definierte) Art (vgl. MAYR 1967, 1984, WILLMANN 1985) die natürliche Kategorie für die Organismen. Für die Bioindikation ist die Artdiagnose jedoch nicht nach taxonomischen Kriterien, sondern nach den Belangen des (Über-)Lebens in Ökosystemen, also nach der Ausstattung für die großen Funktionskreise auszurichten. Dabei sind Morphologie, Ethologie und Physiologie in Bau-Leistungsverknüpfung zu vereinen (Konzept der Lebensform, vgl. KOEPCKE 1973/74). In Anlehnung an den angelsächsischen Sprachgebrauch werden vielfach die Toleranzbereiche hinsichtlich verschiedener Ökofaktoren als (uneingeschränkte) "n-dimensionale Fundamentalnische" (im Sinne von HUTCHINSON, vgl. PIANKA in MAY 1980) besonders herausgehoben, die Toleranzbreite wird dann zur Nischenbreite, entsprechend können sich derartige Fundamentalnischen verschiedener Arten überlappen. Diese Fundamentalnische ist so eine universelle Arteigenschaft ganz im Gegensatz zur (realen) Nische (im hier ge-

brauchten Sinne), die die jeweilige Konstellation der für die betreffende Art in einem konkreten Ökosystem und Zeitpunkt umfaßt und damit deren Dynamik widerspiegelt. Zu Gunsten gedanklicher Klarheit sollte daher der Begriff der Fundamentalnische negiert, der plausible, traditionelle Begriff der Toleranzbreiten dafür wiederbelebt werden.

Für Tiere wie Insekten lassen sich diese Funktionskreise fassen als:

- Raumbezug (z.B. Medien/Substrate, dazu passende Bewegung und Orientierung, Toleranzen/Präferenzen zu Thermik/Licht/Feuchtigkeit/Klima allgemein, zum Chemismus und Struktur des Mediums)
- Ernährung (z.B. Nahrungsortung und -erwerb, -ausnutzung; Überlebensstrategien bei Mangel) und Atmung
- Feindschutz (z.B. Überlistung/Abwehr von Freßfeinden und Parasiten)
- Überdauern von Streßzeiten und Katastrophen (z.B. Überwinterung, Überschwemmungen, Austrocknungen von Gewässern)
- Fortpflanzungsmöglichkeiten und -bedingungen
- Ausbreitungsmöglichkeiten und -bedingungen

Dabei sind die verschiedenen Funktionskreise ganzheitlich im Zusammenhang zu sehen, da sich Engpässe in einem Bereich durch besondere Leistungen in anderen ausgleichen können (z.B. Empfindlichkeit gegen Austrocknung eines Gewässers durch hohe Vermehrungsraten und Ausbreitungsvermögen). Die einzelnen Stadien (Ei, Larve, ggf. Puppe, Imago) sind dabei ökologisch zu trennen, aber über die Entwicklungsphasen und Generationen hinweg im Verbund zu sehen (vgl. SCHMIDT 1991, 1992).

Diese ökologische Artdiagnose steckt den Rahmen ab, in dem die Art Lebenschancen hat. Sie umfaßt damit ihr ökologisches Potential. Es ist das Ergebnis der Evolution der Art und wird auch als evolutive Angepaßtheit der Art bezeichnet (vgl. SCHMIDT in GERHARDT-DIRCKSEN & SCHMIDT 1991).

#### 6.4. Die ökologische Nische als individuelle Überlebenskonstellation und die Überlebensstrategien

Mit ihrem ökologischen Potential müssen sich die Arten in ihren Lebensräumen durchsetzen. Diese Realisierung ihres Potentials erfolgt mit Überlebensstrategien in faszinierender Mannigfaltigkeit (vgl. z.B. BEGON et al. 1991, KINZELBACH 1989, REMMERT 1989). Dazu gehört es, Plätze zu finden, an denen die betreffende Art anderen gegenüber im Vorteil ist oder sich zumindest neben ihnen behaupten kann. Das kann durchaus in Randbereichen des Potentials sein. Andere Arten können dabei als Konkurrenten um Ressourcen, als Nahrung(sspender) oder Freßfeind oder als (Wohn-, Schutz-) Substrat (wie die aquatische Vegetation für Li-

bellenslarven) wichtig sein. Dabei sind die auf die Art einwirkenden Faktoren verzahnt mit der Rückwirkung der Art auf das Ökosystem (vgl. z.B. Chrysomeliden aus den Gattungen *Agelastica* und *Melasoma* und ihre Futterpflanzenarten aus den Gattungen *Alnus* bzw. *Salix*: TISCHLER 1977, BAUR et al. 1991, bzw. TOPP 1988). Die für die betreffende Art wesentlichen Ökofaktoren und ihre Rückwirkung auf das Ökosystem bilden die reale ökologische Nische der Art in dem betreffenden Ökosystem und Zeitpunkt (vgl. ODUM 1991, PIANKA in MAY 1980). Diese reale ökologische Nische (hier kurz als ökologische Nische schlechthin bezeichnet) enthält also die Dynamik und die individuelle Situation des jeweiligen Ökosystems für die betreffende Art und ist damit das logische Pendant zum universell gültigen ökologischen Potential der Art (wobei hier ein Einfachheit halber davon abgesehen wird, daß dieses von lokalen Selektionen einerseits und dem Ausgleich über Dispersionen auch einer Dynamik unterliegt). Überlebensstrategien der jeweiligen Art bedeuten das Ausschöpfen der Möglichkeiten, die jeweilige ökologische Nische zu ihren Gunsten zu beeinflussen bzw. Grenzsituationen unbeschadet zu überdauern. Der vorstehend gebrauchte Begriff der evolutiven Angepaßtheit einer Art für ihr genetisch fixiertes ökologisches Potential ist also dahingehend zu relativieren, daß diese Art nicht über ihre Evolution an ein bestimmtes Milieu angepaßt ist, sondern daß sie die aktuell zu ihrem ökologischen Potential passenden Ort aktiv (nach der Methode von Versuch und Irrtum) aufsucht und dort sich behaupten muß. Die Überproduktion an Nachkommen an (in diesem Sinne) guten Plätzen muß dabei die Fehlversuche ausgleichen, Bei mobilen Tieren wie Insekten reichen dafür schon kurze Zeiträume. Besondere Bedingungen (wie vorsätzliche oder zufällige Einwirkungen des Menschen) können vorher verschlossene Räume öffnen (wie bei der Besiedlung Europas durch den Kartoffelkäfer oder die *Varroa*-Milbe).

In den Lehrbüchern werden die r- und die K-Selektion als Typen von Überlebensstrategien gegenübergestellt. REMMERT (1989) weist zu Recht darauf hin, daß es sich dabei nur um die Eckpunkte eines Kontinuums handelt und daß dieselbe Art unter verschiedenen Bedingungen zwischen ihnen wechseln kann (wie es z.B. auch für die meisten Odonaten gilt: SCHMIDT 1991).

Bejaht man die hier propagierte Beschränkung des Begriffs "ökologische Nische" auf die reale ökologische Nische, so hat das sprachliche Konsequenzen: es gibt dann keine Nischenbreite, -überlappung, eine Art kann keine Nische besetzen, denn die Nische ist ja das (abstrakte) Faktorengefüge im Netz der Relationen eines Ökosystems mit dessen Dynamik und Individualität, bezogen auf die betreffende Art als Knotenpunkt.

In jedem Falle hat die moderne Fassung des Begriffs der ökologischen Nische den Raumbezug verloren, so daß sich die Diskrepanz von Fach- und Umgangssprache ergibt. Für diesen Raumbezug steht jetzt der Begriff des Habitats als dem von der betreffenden Art in einem konkreten Ökosystem und Zeitpunkt eingenommenen Teilraum des Ökosystems, der bei Insekten oft nach Stadien und Funktionskreis zu

differenzieren ist. In Lehrbüchern wird dem nicht immer konsequent genug gefolgt (so wird z.B. die Differenzierung der Nisthabitatpräferenz bei Felsbrütern bei KLOFT & GRUSCHWITZ 1988: 164 als Nischendifferenzierung dargestellt). Das gleiche gilt für die Veranschaulichung des Nischenbegriffs am Modell des Berufslebens: im vorstehend genannten Sinne wäre für den menschlichen Funktionskreis "Erwerbstätigkeit" gleichzusetzen: Ökosystem = Wirtschaftsbetrieb oder Behörde, Biotop = Betriebsgelände oder Amtsgebäude, Organismenbestand = Belegschaft, ökologisches Potential einer Art = Typ der Eingangsqualifikation (z.B. Industriekaufmannslehre oder juristische Staatsexamina oder Diplom in Betriebswirtschaft), (reale) ökologische Nische = (reales) Tätigkeitsfeld, Habitat = Arbeitsplatz.

Dieses Beispiel zeigt zugleich das Phänomen der Gastrolle einer Art in einem Ökosystem: nur die Arten, die bei geringer Mobilität sich ganz in einem konkreten Ökosystem entwickeln, müssen in einem ökologischen Gleichgewicht mit ihm stehen; Arten, die dagegen nur vorübergehend (z.B. als Vermehrungsgast) oder nur für einen Funktionskreis dort auftreten, also nicht von dem Erhalt der dortigen Ressourcen abhängen, können es sich dagegen "leisten", das Ökosystem zu ruinieren. Der Mensch ist (z.B. am See) ein Beispiel dafür (bei ihm ist auch üblicherweise die Rückwirkung auf das Ökosystem viel stärker als die Einwirkung des Systems auf ihn), Insektenkalamitäten können ein anderes Beispiel sein.

#### 6.5. Der Status einer Art als Maß für die Nischenkonstellation

Die ökologische Nische ist eine theoretisch notwendige, aber abstrakte und somit praktisch nicht direkt faßbare Größe. Für den Praktiker gilt es daher, erfaßbare Parameter als Indiz für die jeweilige Konstellation der ökologischen Nischen der untersuchten Arten zu ermitteln. Besonders geeignet sind dafür die jeweilige Habitatpräferenz und der aktuelle Status der Art im untersuchten Ökosystem. Das gilt uneingeschränkt allerdings nur für Entwicklungsbiotope, nicht für Gastrollen und Habitate für vegetative Funktionskreise (z.B. Schlafplätze, Winterquartiere oder Futterplätze wie Hochstaudenfluren für Auenfalter). Bleiben alle wesentlichen Ökofaktoren im Bereich des ökologischen Potentials, so wird die Art optimal sein z.B. hinsichtlich Abundanz, Vermehrungs- und Entwicklungsraten (Fitness), Flugzeitdauer, also hinsichtlich aller Statuskomponenten, sie wird die für sie potentiell geeigneten Teilräume voll besetzen, also eine breite Habitatpräferenz erfüllen.

Kommt auch nur ein Faktor in den Grenzbereich des ökologischen Potentials, so wird es - nach dem Wirkungsgesetz der Umweltfaktoren (TISCHLER 1984) - zu Einbußen bei Status und Habitat kommen. Dabei ist diese Reaktion allerdings in der Regel unspezifisch hinsichtlich des (oder der) fraglichen Faktoren (vgl. auch KINZELBACH 1989). Ihre Analyse erfordert daher einen besonderen Ansatz.

## 6.6. Bioindikation als Analyse der Schlüsselfaktoren der ökologischen Nische

Bioindikation nach dem Nischenkonzept bedeutet zunächst, daß von der ökologischen Situation der untersuchten Arten aus gefragt wird und nicht von menschlichen Zielsetzungen her wie z.B. bei Zeigerartenkonzepten im Sinne des Saprobien-systems (NAGEL 1989) oder der Zeigerwerte von Pflanzen (ELLENBERG et al. 1991) oder bei Arten als Schadstoff-Monitor oder als Testorganismen (BICK & NEUMANN 1982).

Arten, die im untersuchten Ökosystem und Zeitpunkt optimal vertreten sind, sind Charakteristika im positiven Sinne. Als begünstigende Nischenfaktoren können diejenigen hervorgehoben werden, die die Untersuchungsstelle von solchen Biotopen im gleichen Gebiet unterscheidet, an denen die betreffende Art nur suboptimal vorkommt. Sie wären dann auch charakteristisch für andere Ökosysteme des gleichen oder eines anderen Typs im Gebiet, in dem die Art ebenfalls optimal vertreten ist.

Umgekehrt wäre mit dieser Schlußweise bei den im untersuchten Ökosystem suboptimal vertretenen Arten der (oder die) sie hier limitierenden Faktoren, also der (oder die) Schlüsselfaktor(en), zu ermitteln. Dabei sollten Status und Habitatpräferenz abgestuft mit dem Schlüsselfaktor korrelieren. Artendefizite wären dabei der Endpunkt dieser Abstufung. Zu bedenken ist jedoch, daß die dafür notwendige repräsentative Erfassung mit abnehmendem Status einen steigenden Aufwand erfordert, daß also Artendefizite nur bei hoher Untersuchungsintensität auswertbar werden.

Diese Bioindikation setzt also voraus, daß das ökologische Potential der untersuchten Arten ebenso wie die Realisierung in der Region möglichst breit bekannt sind. Nur aus dem Freilandvergleich sind dann - definitionsgemäß - die Schlüsselfaktoren der jeweiligen ökologischen Nische abzuleiten. Dabei kommt vom Menschen gestörten Systemen eine besondere Bedeutung zu, da hier von ihm eingebrachte Faktoren eher zu beurteilen und gängige Faktorenkombination oft entkoppelt, also einzeln erkennbar werden. Hier ist noch viel Grundlagenarbeit vor allem auch als Feldforschung im Anwendungsbezug zu leisten, die Amateurentomologen sind dafür - wie früher bei der Faunistik und Biotoperfassung - prädestiniert und unersetzlich.

Mit dem Nischenkonzept wird die Bioindikation in ihrer Tragfähigkeit und Differenzierung deutlich gesteigert. So werden z.B. auch die "Ubiquisten" (also die Arten, die im Gebiet an verschiedenen Biotoptypen vorkommen, d.h. deren Schlüsselfaktoren nicht den Kriterien der anthropogenen Biotopklassifikation entsprechen) aussagefähig (beim Vierfleck *Libellula quadrimaculata* beispielsweise ist weder die Gewässergröße noch der Chemismus von Bedeutung, sondern eine bestimmte, pflanzensoziologisch nicht faßbare Vegetationsstruktur über untiefem Feingrund, die heute - wie die Art auch - vielfach an unseren Stillgewässern eingeschränkt oder

ganz verschwunden ist; die früheren Wanderschwärme gibt es demgemäß gar nicht mehr).

### 6.7. Das Beispiel: Schlüsselfaktor Fischbesatz

Fischbesatz ist heute bei uns flächendeckend ein besonders gravierender Eingriff in die Gewässer (vgl. DGL 1991, ZINTZ 1986). Der Fischbestand selbst ist jedoch schwer zu erfassen, die Vegetationsstruktur kann (vor allem im Bereich der Röhrichte und Schwimmblattpflanzen) unberührt bleiben oder durch andere Vertrittwirkungen gleichartig verändert sein. So ist die direkte Indikation als Schlüsselfaktor erschwert.

Auf Wasserinsekten wirken Besatzfische als Prädatoren und/oder als überlegene Nahrungskonkurrenten (vgl. JOHNSON 1992) Unter den Libellen sind vor allem die Arten betroffen, deren Larven frei auf der Vegetation oder auf dem Boden leben und die (schon vom Bau der Fangmaske her) auf entsprechende Beutetiere (Aeshniden) oder auf den Wasserflohfang (*Lestes*) spezialisiert sind. Ein besonderes und nach der Anfälligkeit gegen Fische abgestuftes Artendefizit legt also die Indikation des Fischbesatzes als Schlüsselfaktor nahe. Zur Sicherung wären andere, dafür anfällige Tiergruppen zu kontrollieren (z.B. Wasserschnecken, Limnephiliden), unter den Wasserwanzen gilt das besonders für *Notonecta*, im Plankton für die großen Daphnien und Diptomiden. Hoher Fischbesatz führt zu anhaltenden Wasserblüten, oft ist der Chemismus (z.B. durch Kalkungen) verändert, sind Angelplätze an Vertritt und "Krautfischen" zu erkennen. Dabei bleiben auch einmalige Naturschutzgebiete nicht verschont (SCHMIDT 1986, 1989, 1989a, 1992, ZINTZ 1986).

Die vielfältigen und gravierenden Auswirkungen des Fischbesatzes auf das Nischengefüge und damit auf das Artenspektrum beruhen darauf, daß die Besatzfische quasi nur eine Gastrolle (in ökologischen Zeiträumen gesehen) spielen. Deutlich ist das bei Arten, die sich in unserem Klima nicht vermehren können (wie Graskarpfen, die Libellen vor allem durch das Wegfressen der submersen Vegetation, also ihres Substrates, Nahrungs- und Schutzraumes, treffen). Aber auch die einheimischen Fischarten (selbst die unter Artenschutzgesichtspunkten oft in Naturschutzteiche eingebrachten Moderlieschen) sind so zu sehen: ihr "ökologisches Nadelöhr" ist die Brut, die die vegetationsreichen Flachufer als Schutzraum benötigt und dort der Bestandsregulation auf das tragfähige Maß unterliegt. Hier sind auch die genannten Makrovertebraten zur Koexistenz fähig. Fischbesatz verlagert diese Regulationsphase in die Brutanstalt, die Besatzfische sind damit nach Menge und Artenspektrum eine Belastung für das Ökosystem, sie werden zum Schlüsselfaktor (vgl. SCHMIDT 1991, 1992).

### 7. Abschlußbemerkung mit Zusammenfassung

Faunistik ist auch heute noch aktuell und muß maßgeblich von den Amateuren-  
tomologen getragen werden. Dabei sind die Anforderungen an die Wissenschaft-

lichkeit zu beachten. Wichtig ist das Kriterium der Nachprüfbarkeit nicht nur der Artbestimmung, sondern auch des Fundes selbst. Erstere verpflichtet zu Belegen auch bei den inzwischen besonders geschützten Großinsekten (wie Tagfalter oder Libellen), wobei sich Fotobelege als Ersatz für den Fang anbieten. Sie können überdies zur Fundierung der Fundumstände und damit zu deren Nachprüfbarkeit beitragen. Repräsentative Biotoperfassungen erfüllen diese Bedingungen am besten. Sie sollten dann konsequent auf die Analyse der Schlüsselfaktoren der ökologischen Nischen der involvierten Arten im Sinne einer Bioindikation als Ökosystemdiagnose ggf. mit Therapievorschlügen abgestellt werden und so den aktuellen Belangen des Naturschutzes in besonderer Weise dienlich werden. Diese Biotoperfassungen nach dem Nischenkonzept können nur verzahnt mit kausaler Faunistik, also den ökologisch fundierten regionalen Verbreitungsübersichten angemessen vertieft werden. So wären auch die Areale nicht mehr als Ausdruck des ökologischen Potentials der Arten zu sehen, sondern analog zur ökologischen Nische in einem konkreten Ökosystem als Ausdruck der aktuellen Realisierung dieses Potentials. Dieses zeigt sich besonders in der Dynamik an den Arealgrenzen und deren Verzahnung mit der Habitatpräferenz, letztlich also mit Schlüsselfaktoren der ökologischen Nischen. Diese Zusammenhänge sind nur im Freiland zu klären, wobei Laboranalysen des ökologischen Potentials eine wertvolle Basis bilden, jedoch nur für wenige Arten verfügbar sind und sein werden. Menschliche Eingriffe in Ökosystem erhalten so den Charakter von Freilandexperimenten und sollten besondere Beachtung finden, auch wenn Artdefizite den Anreiz mindern und den Mindestaufwand erhöhen.

## 8. Widmung

Diesen Aufsatz möchte ich in memoriam dem Kollegen Fritz PEUS, vormalig Berlin, widmen. Er war gebürtiger Westfale und hat an der Universität Münster mit richtungsweisenden Studien zur Ökologie der Fauna unserer Hochmoore (PEUS 1928, 1932) promoviert und später von Berlin aus die Entomologie nachhaltig gefördert (vgl. STEFFAN 1976), ist dabei der entomologisch-ökologischen Feldarbeit immer treu geblieben. So hat er mir zahlreiche wertvolle Anregungen für Libellenexkursionen vermittelt. Leider habe ich erst nach seinem Tode die Tragweite seiner "Auflösung der Begriffe Biotop und Biozönose" (1954) voll erfaßt. Diese Gedanken sind in das hier vorgestellte Konzept maßgeblich integriert, so wie es auch als Fortführung des Konzeptes der Biozönose von THIENEMANN (1956) angesehen werden kann und damit dessen Kritik an PEUS (vgl. THIENEMANN 1956: 135) relativiert. Faunistik als ökologische Feldforschung war ein besonderes Anliegen des Kollegen PEUS, dessen hiermit ehrend gedacht werden soll.

## 9. Literatur

ALTMÜLLER, R., BÄTER, J. & GREIN, G. (1981): Zur Verbreitung von Libellen, Heuschrecken und Tagfaltern in Niedersachsen (Stand 1980). Schr. Natur-

- schutz & Landschaftspflege in Niedersachsen, Beiheft 1. Niedersächs. Landesverwaltungsamt Naturschutz etc.: Hannover, 244 S.
- BREUER, M. & RASPER, M. (1989): Zur Verbreitung und Situation der Fließgewässerlibellen in Niedersachsen. Info-Dienst Naturschutz Niedersachsen 9 (8): 137-176.
- ARNDT, U., NOBEL, W. & SCHWEITZER, B. (1987): Bioindikatoren. Ulmer: Stuttgart, 388 S.
- ASKEW, R. (1988): The Dragonflies of Europe. Harley: Great Horkesley, 291 S.
- AX, P. (1984): Das Phylogenetische System. Fischer: Stuttgart, 349 S.
- BARTH, W. (1987): Praktischer Umwelt- und Naturschutz. Parey: Hamburg, 310 S.
- BAUR, R., BINDER, S. & BENZ, G. (1991): Nonglandular leaf trichomes as short-term inducible defense of the grey alder, *Alnus incana* (L.), against the chrysomelid beetle, *Agelastica alni* L. *Oecologia* 87: 219-226.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg., 1988): Beiträge zum Artenschutz 4: Libellen. Schr. H. 79, 150 S.
- BEGON, M., HARPER, J. & TOWNSEND, C. (1991): Ökologie. Birkhäuser: Basel, 1024 S.
- BICK, H. & NEUMANN, D. (1982): Bioindikatoren. Decheniana, Beih. 26, 198 S.
- BLAB, J. (1984): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Kilda: Greven, 205 S.
- & NOVAK, E. (Hrsg., 1989): Zehn Jahre Rote Liste. Kilda: Greven, 321 S.
- , NOWAK, E., TRAUTMANN, W. & SUKOPP, H. (Hrsg., 1984): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der BR Deutschland. 4. Aufl., Kilda: Greven, 270 S.
- BOECKH, J. & PFANNENSTIEL, H. (Hrsg., 1986): Zoologie 1985, Bilanz und Perspektiven. Fischer: Stuttgart, 56 S.
- BÖTTGER, K. (1986): Zur Bewertung der Fließgewässer aus der Sicht der Biologie und des Naturschutzes. *Landschaft + Stadt* 18 (2): 77-82.
- BURMEISTER, H. (1839): Handbuch der Entomologie, Bd. 2.2. Enslin: Berlin.
- CORBET, P. (1957): The Life-History of the Emperor Dragonfly *Anax imperator* Leach (Odonata: Aeshnidae). *J. Anim. Ecol.* 26: 1-69.
- CARCHINI, G. (1983): A key to the Italian Odonate Larvae. *SIO Rapid Comm. Suppl. 1*: Utrecht, 101 S.
- CHARPENTIER, T. DE (1840): Libellulinae Europaeae, Voss: Leipzig, 180 S.
- DEVAI, G. (1976): Chorologische und phänologische Untersuchung der Libellenfauna (Odonata) Ungarns (ung. m. engl. u. dt. Zusf.). *Acta Biol. Debrecina* 13, Suppl. 1, 203 S.
- DGL (1991): Die fischereiliche Nutzung von Baggerseen. Empfehlungen der AG Baggerseen der DGL. *DGL Mitt.* 2/91, 25 S.
- DONATH, H. (1987): Vorschlag für ein Libellen-Indikatorsystem auf ökologischer Grundlage am Beispiel der Odonatenfauna der Niederlausitz. *Ent. Nachr. Ber.* 31 (5): 213-217.

- ELLENBERG, H. et al. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. (part. 3. Aufl.), Goltze: Göttingen, 248 S.
- FABRICIUS, J. (1793): Entomologia systematica et aucta. Bd. 2, Proft: Kopenhagen.
- (1819): Autobiographie des Naturforschers Fabricius. Kieler Blätter einer Ges. Kieler Prof. 1: 88-117.
- FREISTAAT SACHSEN, STAATLICHES UMWELTFACHAMT CHEMNITZ (Hhrsg., 1992): Ökologische Beurteilung von Fließgewässern im Reg. Bez. Chemnitz. Chemnitz, 90 S.
- FISCHER, H. (1936): Die Lebensgemeinschaft des Donauriedes bei Mertingen. Abh. Naturwiss. Ver. Schwaben 1: 1-98.
- FREITAG, H. (1962): Einführung in die Biogeographie von Mitteleuropa. Fischer: Stuttgart, 214 S.
- FRÖHLICH, C. (1903): Beiträge zur Fauna von Aschaffenburg und Umgebung: Odonaten und Orthopteren. Mitt. Naturw. Ver. Aschaffenburg 4: 1-106, Tf. 1-6.
- GEUSKES, D. (1935): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Basler Jura. Diss. Univ. Basel (Tijdschr. Entom. 78: 249-382).
- & VAN TOL, J. (1983): De Libellen van Nederland (Odonata). KNNV: Hougwood (N.H.), 368 S.
- GEIL, R. (Hrsg., 1982/83): Naturschutz-Handbuch I/II. Ministerium f. Soziales, Gesundheit und Umwelt Rheinland-Pfalz: Mainz.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. & SCHMIDT, E. (1991): Ökosystem Stadtteich. Praxis d. Naturwiss.: Biologie 40 (6). Aulis: Köln.
- GLITZ, D., HOHMANN, H. & PIPER, W. (1989): Artenschutzprogramm Libellen in Hamburg. Umweltbehörde: Hamburg, 92 S.
- GRIES, B. & OONK, W. (1975): Die Libellen (Odonata) der Westfälischen Bucht. Abh. Landesmus. f. Naturk. Münster 37: 1-36.
- HAGEN, H. (1839): Verzeichnis der Libellen Ostpreußens. Preuß. Prov.-Blätter 21: 54-58.
- (1840): Synonymia Libellularum Europaeorum. Diss. Univ. Königsberg, 84 S.
- (1844a): Über die *Libellula cancellata* Linn. und Fabr., Ent. Z. (Stettin) 5: 290-293.
- (1844b): Über die *Libellula vulgatissima* Linn. und Fabr., Ent. Z. (Stettin) 5: 257-262.
- (1845): Die Neuropteren der Linnéischen Sammlung. Ent. Z. (Stettin) 6: 155-156.
- HAMMOND, C. & MERRITT, R. (1983): The Dragonflies of Great Britain and Ireland. 2. Aufl., Harley: Martins UK, 116 S.
- HARZ, K. & WITTSTADT, H. (1957): Wanderfalter. Ziemsen: Wittenberg, 90 S.
- HENNIG, W. (1969): Die Stammesgeschichte der Insekten. Kramer: Frankfurt/M., 436 S.
- HERRE, W. (1967): Probleme moderner Zoologie. Veröff. SH Univ. Ges. NF 50, 21 S.

- HESSE, R. (1924): Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Fischer: Jena, 613 S.
- ILLIES, J. (Hrsg., 1978): Limnofauna Europaea. 2. Aufl. Fischer: Stuttgart, 532 S.
- JAHN, I. (1990): Grundzüge der Biologiegeschichte. Fischer: Jena, 507 S.
- JÖDICKE, R., KRÜNER, U., SENNERT, G. & HERMANS, J. (1989): Die Libellenfauna im südwestlichen niederrheinischen Tiefland. *Libellula* 8 (1/2): 1-106.
- JOHNSON, D. (1992): Verhaltensökologie von Libellenlarven. *Hagenia* 4: 11-18.
- KAULE, G. (1986): Arten- und Biotopschutz. Ulmer: Stuttgart, 461 S.
- KIKILLUS, R. & WEITZEL, M. (1981): Grundlagenstudien zur Ökologie und Faunistik der Libellen des Rheinlandes. *Pollichia*: Bad Dürkheim, 245 S.
- KINZELBACH, R. (1989): Ökologie, Naturschutz, Umweltschutz. Wiss. Buchges.: Darmstadt, 180 S.
- KIRBY, W. (1890): A synonymic Catalogue of Neuroptera Odonata or Dragonflies. Friedländer: Berlin, 202 S.
- KLOFT, W. (Hrsg., 1983): Tiere als Bioindikatoren. In: BARTH, F. (Hrsg.): Verh. DZG 76. Jahresversammlung Bonn, S. 115-161. Fischer: Stuttgart, 350 S.
- & GRUSCHWITZ, M. (1988): Ökologie der Tiere. 2. Aufl., Ulmer: Stuttgart, 333 S.
- KOEPCKE, H. (1973/74): Die Lebensformen (2 Bd.). Goecke & Evers: Krefeld, 1684 S.
- KRATOCHWIL, A. (Hrsg., 1991): 2. Tagung AK "Biozönologie" in Freiburg 1989. Verh. GfÖ, Beih. 2: Berlin, 176 S.
- KRAUS, O. (Hrsg., 1976): Zoologische Systematik in Mitteleuropa. Parey: Hamburg, 259 S.
- LATTIN, G. DE (1967): Grundriß der Zoogeographie. Fischer: Stuttgart, 602 S.
- LENZ, N. (1991): The importance of abiotic and biotic factors for the structure of odonate communities of ponds. (*Insecta: Odonata*). *Faun.-ökol. Mitt.* 6: 175-189.
- LESER, H. (1991): Landschaftsökologie. 3. Aufl. Ulmer: Stuttgart, 647 S.
- LINDEN, P. VANDER (1820): *Agriones et Aeshnae Bononiensis* Opusc. Scientif. (Bonn): 101-106, 156-165, 2 Tf. (ersch. 1823).
- (1825): *Monographiae Libellularum Europaeorum specimen*. Frank: Brüssel.
- LINNAEUS, C. (1758): *Systema naturae*, Bd. 1, 10. Aufl., Salvius, Stockholm, 824 S. (Nachdruck Brit. Mus. Nat. Hist., London, 1956).
- LÖLF (1986): Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Pflanzen und Tiere. 2. Fassung. Landwirtschaftsverlag: Münster, 240 S.
- LONGFIELD, C., COWLEY, J., SCHMIDT, Er. & CALVERT, P. (1949): *Agrion* versus *Calopteryx*. *Ent. News* 60 (6): 145-151.
- MAIBACH, A. & MEIER, C. (1987): Verbreitungsatlas der Libellen der Schweiz (*Odonata*). Schweizer Bund f. Naturschutz: Neuchâtel, 230 S.
- MAY, E. (1933): Libellen oder Wasserjungfern (*Odonata*). (Tierw. Deutschl. 27). Fischer: Jena, 124 S.
- MAY, R. (Hrsg., 1980): Theoretische Ökologie. Verlag Chemie: Weinheim.

- MAYR, E. (1967): Artbegriff und Evolution. Parey: Hamburg, 617 S.
- (1984): Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Springer: Berlin, 766 S.
- (1990): Die drei Schulen der Systematik. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 83: 263-276.
- MOL, A. (1984): Limnofauna Neerlandica. Nieuwsbrief EIS NL 15: Leiden, 124 S.
- MÖLLER, H. (Hrsg., 1941): Das Satrupholmer Moor. Neumünster, 324 S.
- MÜHLENBERG, M. (1976): Freilandökologie. Quelle & Meyer: Heidelberg, 214 S.
- MÜLLER, K. (1924): Das Wildseemoor bei Kaltenbronn. Braun: Karlsruhe, 161 + 19 S.
- MÜLLER, O. (1764): Fauna Insectorum Fridrichsdalina. Kopenhagen.
- MÜLLER, P. (1974): Erfassung der westpaläarktischen Invertebraten. Fol. Ent. Hung. 27, Suppl.: 405-430.
- NAGEL, P. (1989): Bildbestimmungsschlüssel der Saprobien. Fischer: Stuttgart.
- ODUM, E. (1991): Prinzipien der Ökologie. Spektrum: Heidelberg, 305 S.
- OTT, J. (1990): Populationsökologische Untersuchungen an Großlibellen (Anisoptera). Diss. Univ. Kaiserslautern, 167 S.
- (1991): Die Odonatenfauna der Kiesgrube "Schleusenloch" bei Ludwigshafen (Insecta: Odonata). Fauna Flora Rheinland-Pfalz 6: 609-645.
- PEUS, F. (1928): Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt nordwestdeutscher Hochmoore. Z. Morphol. Ökol. Tiere 12 (3/4): 533-683.
- (1932): Die Tierwelt der Moore (Handb. Moorkunde 3), Berlin, 277 S.
- (1950): Stechmücken, Franckh Stuttgart, 80 S.
- (1954): Auflösung der Begriffe "Biotop" und "Biozönose". Dtsche. Ent. Z. NF 1 (3/5): 271-308.
- PLACHTER, H. (1991): Naturschutz. Fischer: Stuttgart, 463 S.
- QUENTIN, D. St. (1960): Die Odonatenfauna Europas, ihre Zusammensetzung und Herkunft. Zool. Jb. Syst. Ökol. Geogr. Tiere 87 (4/5): 301-316.
- RAMBUR, M. (1842): Histoire naturelle des Insectes Névroptères. Roret: Paris, 534 S.
- RATHMAYER, W. (Hrsg., 1975): Zoologie heute. Fischer: Stuttgart, 62 S.
- REHFELDT, G. (1984): Bewertung ostniedersächsischer Flußbauen durch Bioindikatorsysteme. Modell einer Landschaftsbewertung. Diss. Univ. Braunschweig, 260 S.
- REINIG, W. (1937): Die Holarktis. Fischer: Jena, 124 S.
- REMKES, E. (1909): Die Odonaten des Hülserbruches. Mitt. Ver. Nat. Krefeld: 41-44.
- REMMERT, H. (1989): Ökologie. 4. Aufl., Springer: Berlin, 374 S.
- RHEINLAND-PFALZ, MINISTERIUM für UMWELT (Hrsg., 1991): Planung vernetzter Biotopsysteme. Beisp. Landkr. Altenkirchen. Landesamt Umweltschutz & Gewerbeaufsicht: Oppenheim, 190 S. + Beilagen
- RIECKEN, U. & BLAB, J. (1989): Biotope der Tiere in Mitteleuropa. Kilda: Greven, 123 S.

- RIS, F. (1909): Odonata (Süßwasserfauna Deutschlands 9). Fischer: Jena, 67 S. (Neudruck Cramer: Weinheim, 1961).
- ROI, O. de (1908): Beiträge zur Libellen-Fauna der Rheinprovinz. Ver. Vers. Bot. Zool. Ver. Rheinland-Westfalen Bonn 1907: 80-87.
- (1915): Die Odonaten der Rheinprovinz. Verh. Naturh. Ver. preuß. Rheinl.-Westf. 72: 119-178.
- RÖSEL V. ROSENHOF, A. (1978): Insectenbelustigungen. Harenberg Dortmund, 187 S.
- SCHIEMENZ, H. (1953): Die Libellen unserer Heimat. Urania: Jena, 154 S.
- SCHILDER, F. (1956): Lehrbuch der Allgemeinen Zoogeographie. Fischer: Jena, 150 S.
- SCHMIDT, E. (1964): Biologisch-ökologische Untersuchungen an Hochmoorlibellen (Odonata). Z. Wiss. Zool. 169: 313-386.
- (1967): Zur Odonatenfauna des Hinterartener Moores und anderer mooriger Gewässer des Südschwarzwaldes. Dtsch. Ent. Z. NF 14 (3/4): 371-386.
- (1970): Seltene Libellen in Berliner Mooren. Berliner Naturschutzblätter, Sonderheft: 27-30.
- (1971): Ökologische Analyse der Odonatenfauna eines ostholsteinischen Wiesenbaches. Ein Beitrag zur Erforschung kulturbedingter Biotope. Faun.-Ökol. Mitt. 4: 48-65.
- (1972): Die Odonatenfauna des Teufelsbruches und anderer Berliner Moore. Sber. Ges. Naturf. Freunde zu Berlin NF 12: 106-131.
- (1977): Analyse der Libellenverbreitung in Schleswig-Holstein am Beispiel der Aeshniden (Odonata). Verh. 6. Int. Symp. Entomofaunistik Mitteleuropa 1975: 27-42.
- (1979): Approaches to a Quantification of the Decrease of Dragonfly Species in industrialized Countries. Odonatologica 8: 63-67.
- (1980): Das Artenspektrum der Libellen der Insel Helgoland unter dem Aspekt der Fund- und Einwanderungswahrscheinlichkeit. Entomologia Generalis 6: 247-250.
- (1981): Quantifizierung und Analyse des Rückganges gefährdeter Libellenarten in der BR Deutschland (Ins. Odonata). Mitt. DGaE 3: 167-170.
- (1982): Odonaten-Zönosen kritisch betrachtet. Drosera '82 (1): 85-90.
- (1983a): Zur Odonatenfauna des Wollerscheider Vennis bei Lammersdorf. Libellula 2 (1/2): 49-70.
- (1983b): Zur Libellenfauna einiger Moore bei Waldburg im westlichen Allgäu. Mitt. AG Natursch. Wangen/Allg. 3: 42-52.
- (1985a): Suchstrategien für unauffällige Odonatenarten I: *Coenagrion lunulatum* (Charp., 1840), Mond-Azurjungfer. Libellula 4 (1/2): 32-48.
- (1985b): Habitat Inventarization, Characterization and Bioindication by a "Representative Spectrum of Odonata species (RSO)". Odonatologica 14: 127-133.

- (1986): Die Odonatenfauna als Indikator für Angel-Schäden in einem einmaligen Naturschutzgebiet, dem Kratersee Windsborn des Mosenbergs/Vulkaneifel. *Libellula* 5 (374): 113-125.
- (1989a): Odonaten im NSG Stallberger Teiche bei Siegburg: Chancen von Schutz- und Sanierungsmaßnahmen und Konflikte mit der Teichwirtschaft im Staatsforst. *Verh. Westd. Entom. Tag 1988*: 153-172.
- (1989b): *Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758), klassisches Beispiel für nomenklatorische Wirrnisse (Anisoptera: Gomphidae). *Libellula* 8 (3/4): 107-114.
- (1991): Das Nischenkonzept für die Bioindikation am Beispiel Libellen. *Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz* 14: 95-117.
- (1992): Wasserblüten am Rheinauensee in Bonn: Ein urbanes Ökosystem unter dem Regime von Tier und Mensch. *Tier und Museum (Bonn)* 3 (1): 20-28.
- (1992): Das ökologische Artkonzept (Nischenkonzept) für das Ökosystemverständnis unter angewandten Aspekten. *Faun.-Ökol. Mitt.* 6 (7/8), 335-341, Kiel.
- SCHMIDT Er. (1925): Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der Libellen in den Rheinlanden. *Verh. naturh. Ver. preuß. Rheinl. + Westf.* 82: 207-217.
- (1929): Libellen, Odonata, BROHMER et al.: Die Tierwelt Mitteleuropas IV. 1b. Quelle & Meyer: Leipzig, 66 S.
- SCHORR, M. (1990): Grundlagen zu einem Artenhilfsprogramm Libellen der BR Deutschlands. SIO: Bithoven, 512 S.
- SCHWERTFEGER, F. (1979): *Demökologie*. 2. Aufl., Parey: Hamburg, 448 S.
- SELYS LONGCHAMPS, E. DE (1840): *Monographie des Libellulidées d'Europe*. Roret: Paris, 220 S.
- & HAGEN, H. (1850): *Revue des Odonates ou Libellules d'Europe*. Roret: Paris, 408 S.
- SÖMME, S. (1937): *Zoogeographische Studien über norwegische Odonaten*. Dybwad: Oslo, 134 S., 23 Tf.
- STARK, W. (1976): Die Libellen der Steiermark und des Neusiedlerseegebietes in monographischer Sicht. (MS) Diss. Univ. Graz, 186 S., 24 Tf., 23 Verbr. Karten, 2 Fotos.
- STEFFAN, A. (1976): *Fabricius-Preisträger 1975: Professor Dr. Fritz Peus*, Berlin, *Entomologica Germ.* 2: 388-393.
- Sudhaus, W. & Rehfeld, K. (1992): *Einführung in die Phylogenetik und Systematik*. Fischer: Stuttgart, 241 S.
- THIENEMANN, A. (1956): *Leben und Umwelt*. Rowohlt: Hamburg, 153 S.
- TISCHLER, W. (1949): *Grundzüge der terrestrischen Tierökologie*. Vieweg: Braunschweig, 220 S.
- (1977): Kontinuität des Bisystems Erle (*Alnus*) - Erlenblattkäfer (*Agelastica alni*). *Z. Angew. Zool.* 64: 69-92.
- (1984): *Einführung in die Ökologie*. 3. Aufl., Fischer: Stuttgart, 437 S.
- TOL, J. VAN & HELSDINGEN, P. VAN (Hrsg., 1981): *Methods and Results of EIS Mapping Schemes in the Netherlands*. Nieuwsbrief EIS NL 10: Leiden, 103 S.

- & VERDONK, M. (1988): The Protection of Dragonflies (Odonata) and their Biotopes. Europarat: Straßburg, 181 S.
- TOPP, W. (1988): Antagonistische Interaktionen zwischen Herbivoren und ihren Wirtspflanzen: *Melasoma 20-punctata* und *Salix* spp. Verh. Dtsche. Zool. Ges. 81: 192-193.
- TÜMPEL, R. (1901): Die Geradflügler Mitteleuropas. Wilcken: Eisenach, 308 S., 23 Tf. (2. Aufl. 1908).
- ULMER, G. (1904): Zur Fauna des Eppendorfer Moores bei Hamburg. Verh. Naturw. Ver. Hamburg 3 (11): 1-25.
- VALLE, K. (1952): Die Verbreitungsverhältnisse der ostfennoskandischen Odonaten. Acta Ent. Fenn. 10, 87 S.
- WILLMANN, R. (1985): Die Art in Raum und Zeit. Parey: Berlin, 207 S.
- ZINTZ, K. (1986): Fischereiliche Nutzung von Stillgewässern in Naturschutzgebieten. Margraf: Langen, 531 S.
- ZWICK, P. (1992): Wasserinsekten - Wanderer zwischen zwei Welten. Verh. Westd. Entom. Tag. 1990: 19-43, Löbbecke-Mus. Düsseldorf.

Prof. Dr. Eberhard G. Schmidt  
 Biologie und ihre Didaktik FB 9  
 Universität GH Essen  
 D 45117 Essen

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Westdeutschen Entomologentag Düsseldorf](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [1991](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Eberhard Günter

Artikel/Article: [Von der Faunistik zur Bioindikation - Zur historischen Entwicklung eines ökologischen Artkonzeptes aus der Sicht der Freilandentomologie \(Schwerpunkt Odonata\) 11-38](#)