

Wilhelm Kühnelt zum Gedenken

**Funktion und Organisation von Tiergesellschaften in
Waldökosystemen**

- Bodentiere als Indikatoren von Umwelteinflüssen

Von Werner Funke, Ulm

Sehr verehrte, liebe Frau Prof. Kühnelt, – meine sehr geehrten Damen und Herren !

Als mich Herr Prof.Schaller vor einiger Zeit bat, zum Gedenken an Herrn Prof.Dr.Wilhelm Kühnelt zu Ihnen zu sprechen, habe ich, ohne lange zu überlegen, sofort zugesagt. In dem ehrenvollen Auftrag sah ich nicht nur eine Verpflichtung gegenüber einem Wissenschaftler, der über viele Jahrzehnte hinweg das Fach Zoologie in Österreich und ganz besonders in Wien entscheidend mitbestimmt hatte und der sich besonders in den Disziplinen Bodenbiologie und Ökologie Weltgeltung erworben hatte. Ich glaubte

darüber hinaus, stellvertretend für viele andere, vor allem auch Dankbarkeit erweisen zu müssen für ein großes wissenschaftliches Werk, für einen Kampf um Natur und Umwelt - ganz besonders in den letzten Jahren - und nicht zuletzt auch für viele menschlich positive Beziehungen.

Als ich die selbstgestellte Aufgabe vor einigen Wochen näher überdachte, befiel mich zunächst etwas Ratlosigkeit. Wie kann ein Außenstehender einen Mann wie Wilhelm Kühnelt, korrekt, in rechter Ehrerbietung und nichts wesentliches auslassend, an einem Ort würdigen, an dem ihn alle über viele Jahre hinweg um sich hatten und im Grunde viel besser als ich hatten kennenlernen dürfen? Aus dieser Ratlosigkeit heraus begann ich mein ganz persönliches Verhältnis zu Wilhelm Kühnelt zu überdenken. Dabei merkte ich mit einer gewissen stillen Freude, daß es auch in meinem Leben eine ganze Reihe von Berührungspunkten und Erlebnissen mit Prof. Kühnelt gegeben hatte, die für mich bedeutsam waren und mir unvergessen bleiben werden. Gestatten Sie mir bitte, daß ich zunächst von diesen persönlichen Beziehungen und Erinnerungen berichte und daß ich erst dann in einen wissenschaftlichen Vortrag überleite, der in manchen Punkten ohne das Wirken von Wilhelm Kühnelt kaum denkbar wäre.

Die erste Begegnung war rein literarischer Art. Mit

seinem Buch "Bodenbiologie" aus dem Jahre 1950 (16) erschloß Wilhelm Kühnelt meinen Studienkollegen und mir eine Welt, über deren Existenz wir zu Beginn unseres Studiums kaum etwas vernommen hatten. Viele von uns blieben dieser faszinierenden "Unterwelt des Tierreichs" (23) unter der fürsorglichen Anleitung von Herrn Schaller dauerhaft verbunden. Ebenfalls um 1950 stießen wir auf die schon aus den 30er Jahren stammenden grundlegenden Arbeiten über den "Kalkhaushalt von Schnecken und Muscheln" (13,14). Später folgte das "Erlebnis" der "regionalen Stenözie", die neben allbekannten klassischen Klimaregeln für Körpergröße, Körperproportionen, Färbung und Herzgewichte homöothermer Tiere eine im Grunde verblüffend einfache Erklärung für die großräumige Verbreitung poikilothermer Tiere und deren bioklimatische Ursachen brachte (15). Ein echter Bestseller wurde der 1965 erschienene "Grundriß der Ökologie", der im Hinblick auf Lesbarkeit und Faszination grundlegender Zusammenhänge, seine ökophysiologischen und ökomorphologischen Betrachtungen z.B. in der Systematik tierischer Lebensformen auch heute noch jedem Vergleich standhält (17). Für mich persönlich hatte dieses Buch geradezu Signalwirkung für meine spätere Tätigkeit.

Erst 1969 lernte ich Herrn Prof. Kühnelt, den ich zwar

schon mehrfach gesehen hatte, persönlich kennen. Ich werde dieses erste Treffen nie vergessen. Es war zwischen zwei Vorträgen im Zoologischen Kolloquium und bei der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft. Herr Kühnelt saß in seinem Arbeitszimmer, am Rathausplatz, wie mir im Nachhinein erschien, mehrere Meter über mir auf einem Podium. Wir diskutierten über das Heimfindervermögen der eulitoralen Napfschnecke *Patella* und deren chemische und mechanische Einflüsse auf die Kalksteinküsten Dalmatiens. Zwei Jahre später ging es um das Internationale Biologische Programm. Die Hochrechnungen von Abundanz und Biomasse bei Tieren, die wir im Rahmen des Solling-Projektes (2,4) aus Untersuchungen an wenigen Quadratmetern auf Hektar und Jahr hatten vornehmen müssen, waren Herrn Kühnelt höchst suspekt. "Reduzieren Sie ihre Meßwerte auf kleinstmögliche Raum- und Flächeneinheiten", so meinte er, "und überlassen Sie das Jonglieren mit Zahlen anderen". Noch weniger befriedigten ihn unsere ökoenergetischen Arbeiten (3,10).

Daß Tiere an Nahrung gebundene Energie aufnahmen und zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensprozesse Energie verbrauchten, sei selbstverständlich und deshalb nicht besonders interessant. Viel wesentlicher sei es doch, verstehen zu lernen, wie vor allem Bodentiere ihren Lebensraum gestalteten und auf Dauer er-

hielten. Es ging Wilhelm Kühnelt also um die Tätigkeiten der Tiere, die quantitativ nicht so ohne weiteres meßbar sind, die aber für das Verständnis von Struktur und Funktion in Landökosystemen "wichtiger seien" als der bloße Energieumsatz. Bei einer anderen Gelegenheit meinte er : " Vergessen Sie nie die Besonderheiten der Tiere", neben ihrer heterotrophen Ernährung, "ihre Mobilität", deren Bedeutung für ein Ökosystem auch heute noch weitgehend ungeklärt sei.

Was bereits im Grundriß der Ökologie angeklungen war, die Veränderungen der Erde durch den Menschen, beschäftigte Wilhelm Kühnelt in den letzten Jahren in ständig zunehmendem Maße (19). Es ging um Fragen der Bedrohung und Vernichtung unserer Umwelt durch den "modernen" Menschen. In sehr bewegender Weise kam dies auf der Tagung der Gesellschaft für Ökologie in Bremen im Jahr 1983 zum Ausdruck (20). Das Thema seines Vortrags galt ursprünglich dem Phänomen "Staub, als ökologischer Faktor", über das er nach eigenem Erleben gemeinsam mit seiner Gattin in den großen Wüstengebieten Afrikas sehr viel nachgedacht hatte (18). Unter dem Eindruck der Bremer Tagung änderte er als letzter Redner kurzerhand sein Referat und appellierte - es war wie gesagt im Jahr 1983 - mit beschwörenden Worten an seine Zuhörer und an das Weltgewissen generell, die

Gefahren zu erkennen, welche allein der radioaktive Staub im Falle einer kriegerischen Auseinandersetzung über das gesamte Leben dieser Erde bringen müsse. Ich traf Herrn Kühnelt noch einmal auf der Ökologentagung 1985 in Graz. Wir diskutierten über unsere Vorträge (21,9), die “Ökologisch und historisch bedingten Verbreitungsbilder innerhalb der alpinen Tierwelt”, über die “Ursachen des Waldsterbens” und über die Frage nach der “Eignung von Tieren als Indikatoren von Veränderungen in unserer Umwelt”. Im Laufe dieser Unterhaltung, auf einer Bank vor dem Hörsaalgebäude in Graz, erfuhr ich vieles aus dem Leben Wilhelm Kühnelts, über seine Tätigkeit als Hochschullehrer und vielfacher Doktorvater. Ich war und bin sehr froh um dieses lange Gespräch, das uns einander näher gebracht hatte als jeder wissenschaftliche Disput oder Konsens zuvor.

Meine Damen und Herren,
ich komme nun zum wissenschaftlichen Teil meines Vortrages. Dabei möchte ich zwei recht unterschiedliche Themenbereiche ansprechen, die mit dem Werk von Wilhelm Kühnelt direkt oder indirekt in Zusammenhang stehen bzw. die ich mit Herrn Prof. Kühnelt in den letzten Jahren diskutieren durfte.
Beim ersten Thema geht es um die Frage nach der “Funktion der Tiere in Waldökosystemen” und nach

der "Organisation von Artengemeinschaften". Beim zweiten Thema soll geprüft werden, in welchem Umfang Tiere Veränderungen in unserer Umwelt aufzeigen und ob sie einen Beitrag zur Kausalanalyse solcher Veränderungen liefern können. Als Beispiel habe ich hier die "Waldschadensproblematik" gewählt.

Der wissenschaftliche Teil meines Vortrages ist ungekürzt in die Verhandlungen der Botanisch-Zoologischen Gesellschaft Wien aufgenommen worden (6). Im folgenden wird deshalb nur eine kurze zusammenfassende Übersicht (mit einer kleinen Zahl von Literaturziten) gegeben.

A. Funktion und Organisation von Tiergesellschaften
- Die "Funktion der Tiere" wird am Beispiel der Blattfresser in den Kronen der Bäume erörtert. Dabei wird deutlich, daß die Fraßtätigkeiten dieser Tiere in naturnahen Wäldern i.d.R. keine Minderung der Primärproduktion der Bäume herbeiführen. Blattfresser sind also kaum als Schädlinge anzusehen. Sie sind sicherlich auch keine nutzlosen oder überflüssigen Komponenten im Ökosystem (3). Beim "vorzeitigen" Abbau noch lebender, z.T. "überschüssiger", Blattsubstanz tragen sie vielmehr zu einer Beschleunigung der Stoffumsätze bei, die über ihre Exkremete (als Siedlungszentren für Mikroorganismen) noch gesteigert werden. Meßbar ist dies allerdings nur in

bodensauren Wäldern, in denen die großen Streuzersetzer fehlen oder doch sehr oft recht selten sind (11). Auch in ihrer Stellung im Nahrungsnetz sind die Blattfresser wichtige, ja wahrscheinlich sogar unverzichtbare, Bestandteile von Waldökosystemen (z.B. als Beuteobjekte von Raubarthropoden der Bodenoberfläche).

- Die "Organisation von Artengemeinschaften" wird am Beispiel der Raubarthropoden der Bodenoberfläche untersucht. In mitteleuropäischen Wäldern leben hier ca. 250-400 Spezies an Spinnen, Weberknechten, Hundertfüßern, Laufkäfern und Kurzflügelkäfern. Wie können so viele Arten bei gleichen oder doch weitgehend identischen Ansprüchen nebeneinander existieren? Hier geht es also um die Frage der ökologischen Einnischung der einzelnen Arten. Eingehend betrachtet werden in diesem Zusammenhang die Tagesperiodik der lokomotorischen Aktivität (d.h. also die Tageszeit, zu der die einzelnen Spezies als Beutegreifer unterwegs sind; 12) und die Orientierung nach Raummarken (d.h. also die Präferenz der einzelnen Arten beim Beutefang für bestimmte Raumstrukturen am Waldboden; 7). Nach den vorliegenden Befunden gibt es unter den Raubarthropoden der Bodenoberfläche (ebenso wie bei anderen systematischen und trophischen Gruppen wechselwarmer Tiere) Arten, die in Mitteleuropa

- in weiten Temperaturbereichen rein nacht- oder rein tagaktiv sind,
- von der Temperatur in ihrer Aktivität nur geringfügig beeinflusst werden,
- in hohem Maße (im Umfang von Tag- und Nachtaktivität) von der Temperatur bestimmt werden. Durch unterschiedliche Abhängigkeiten von den beiden Zeitgebern Licht und Temperatur wird eine ganze Fülle tageszeitlicher Einnischungen erkennbar. In Ergänzung zur Kühnelt'schen Klimaregel über die regionale Stenözie poikilothermer Tiere werden temperaturbedingte Gesetzmäßigkeiten in der tageszeitlichen Aktivität unterschiedlicher geographischer Breiten- und Höhenzonen abgeleitet. Die Raubarthropoden der Bodenoberfläche zeigen (in Wäldern) in den frühen Morgenstunden und nachmittags nur geringe Aktivität. Entscheidend ist auch hier die Temperatur. Hinzu kommt: nachmittags stehen den Raubarthropoden auf der Bodenoberfläche nur in geringem Umfang potentielle Beutetiere zur Verfügung; zahlreiche Arthropoden wandern zu dieser Zeit in Stamm- und Kronenregion bzw. in tiefere Streu- und Bodenschichten ab.
- Die Raubarthropoden der Bodenoberfläche zeigen bei allen Aktivitäten unterschiedliche Präferenzen für Raumstrukturen. Einige bevorzugen Stammnähe, andere Stammferne; viele verhalten sich indifferent. -

Bei Carabiden der Bodenoberfläche scheint eine räumliche Distanzhaltung (von Arten u. Individuen) auch durch nicht artspezifische Substanzen erfolgen zu können.

B. Wirbellose Tiere als Indikatoren von Veränderungen in Waldökosystemen

Wirbellose Tiere eignen sich (ebenso wie höhere und niedrigere Pflanzen, Mikroorganismen und Wirbeltiere unter Einschluß des Menschen) in recht vielfältiger Weise als Indikatoren von Veränderungen in unserer Umwelt (1,5). Sie machen Einflüsse und Gesetzmäßigkeiten deutlich, die allein durch Messen, z.B. der Belastungen von Boden, Wasser und Luft, oft nicht faßbar sind. Bei diesen Bioindikatoren kann es sich um einzelne Individuen, einzelne Populationen, einfache Organismenkollektive oder wesentliche Teile von Lebensgemeinschaften handeln. In einem sinnvoll geplanten Umweltinformationssystem wird man auf Bioindikatoren nicht verzichten können und den für deren Kontrolle erforderlichen, keineswegs geringen, personellen Aufwand in Kauf nehmen müssen. In Ulm war in den letzten Jahren an zahlreichen Beispielen die Eignung wirbelloser Tiere als Indikatoren verschiedenartiger Umwelteinflüsse aufgezeigt worden. Dabei hatte sich u.a. ergeben:

- Die Proturen (= Beintastler), eine wenig bekannte Gruppe primär flügelloser Insekten, dienen - auf-

grund ihrer engen Beziehungen zur ektotrophen Mykorrhiza - in Fichtenforsten zur Charakterisierung und - in gewissem Umfang - auch zur Früherkennung von Waldschäden (26).

- In den Fluktuationen von Populationsdichte (bei wirbellosen Tieren in Fichtenforsten) und Streuabbau wird der Einfluß von Klimafaktoren auf die Funktionsfähigkeit ganzer Ökosysteme deutlich. Dabei wird aufgezeigt, daß Waldschäden teilweise auch auf Klimaveränderungen und einschneidende Witterungsereignisse zurückführbar sind (5).

- Kalk- und Mineraldüngergaben führen zu tiefgreifenden Veränderungen von Populationsdichte (verschiedener Tiergruppen) und Streuabbau, die auch für die Bäume im Ökosystem "Fichtenforst" nicht ganz ohne Bedeutung sein dürften. Außerdem ist nicht auszuschließen, daß die Auswirkungen der Substanzgaben bei Tieren und beim Streuabbau in ihren gesetzmäßigen Ablauf als Hinweis für entsprechende Einflüsse auf die Vitalität der Bäume dienen können (8).

- Bodentiere reagieren äußerst sensitiv auf Biozide, die eigentlich zum Schutz unserer Wälder vor Schädlingen gedacht sind. Sie eignen sich darüber hinaus (unter Nutzung spezifischer Verfahren) generell als Indikatoren für Umweltverträglichkeitstests bei recht verschiedenartigen Substanzen (24,25,27,28). - Tiere

des Waldes, die auf einfachem Wege und überall oft in großen Mengen verfügbar sind, wie z.B. Borkenkäfer, eignen sich als Monitororganismen beim qualitativ-quantitativen Nachweis umwelttoxischer Elemente (22).

Meine Damen und Herren,
Herr Prof.Dr.Wilhelm Kühnelt hatte an unseren Untersuchungen bis zuletzt regen Anteil genommen. Ihm zum Gedenken habe ich zu Ihnen gesprochen. Seinem Streben nach wissenschaftlichen Erkenntnissen, seinem Kampf um eine lebenswerte friedvolle Zukunft fühlte ich mich verpflichtet. In diesem Sinne lassen Sie uns sein Werk fortführen.

Literatur

- (1) Arndt U., Nobel W., Schweizer B.(1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse.- Ulmer /Stuttgart 388 pp.
- (2) Ellenberg H., Mayer R., Schauermann J.(1986): Ökosystemforschung Ergebnisse des Sollingprojekts. Ulmer/Stuttgart 507 pp.
- (3) Funke W.(1972): Energieumsatz von Tierpopulationen in Land-Ökosystemen. Verh. Dtsch.Zool.Ges. 65, 95-105.

- (4) — (1977)Das Zoologische Forschungsprogramm im Sollingprojekt.
Verh.Ges.Ökol. 6, 49-58.
- (5) — (1986): Tiergesellschaften im Ökosystem "Fichtenforst" (Protozoa, Metazoa - Invertebrata) - Indikatoren von Veränderungen in Waldökosystemen. KFK-PEF 9, 150 pp. Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- (6) — (1990)Struktur und Funktion von Tiergesellschaften in Waldökosystemen — Bodentiere als Indikatoren von Umwelteinflüssen.
Verh.Zool.-Bot.Ges.Österreich 127, 1-49
- (7) — , Herlitzius H.(1984): Zur Orientierung von Arthropoden der Bodenoberfläche nach Stammsilhouetten im Wald.
Jber.naturw.Ver.Wuppertal 37, 8-13.
- (8) — , Jans W.(1989): Kurz- und Langzeiteffekte von Kalk- und Mineraldüngergaben auf die Bodenfauna in Fichtenforsten. KfK PEF. IMA-Querschnittsseminar "Düngung geschädigter Waldbestände" Bayreuth, 61-74
Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- (9) — , Stumpp J., Roth-Holzapfel M. (1987): Bodentiere als Indikatoren von Waldschäden.
Verh.Ges.Ökologie 15, 309-320.
- (10) Grimm R.(1983): Der Energiefluß durch die Populationen der Tiere im Ökosystem Buchen-

- wald. Verh.Dtsch.Zool.Ges. 76, 202.
- (11) Herlitzius R., Herlitzius H.(1977): Streuabbau in Laubwäldern. *Oecologia* 30, 147-171.
- (12) Jans W.(1987): Struktur und Dynamik der Carabidenzönosen von Laubwäldern unter besonderer Berücksichtigung der lokomotorischen Aktivität. Dissertation Ulm.
- (13) Kühnelt W. (1933): Über chemische Gesteinsbearbeitung durch Tiere. *Forschungen und Fortschritte* 9, 25-26.
- (14) — (1935): Der Anteil der Tiere am Kreislauf des Kalkes in der Natur. *Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien* 75, 1-25.
- (15) — (1943): Die Leitformenmethode in der Ökologie der Landtiere. *Biologia Generalis* 17, 106-146.
- (16) — (1950): *Bodenbiologie mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt*. Herold/Wien 368 pp.
- (17) — (1965/1970): *Grundriß der Ökologie*. Gustav Fischer Jena, 1965 402 pp, 1970 443pp.
- (18) — (1966): Die ökologischen Verhältnisse der Namibwüste (Südwestafrika). in: *Comunicacion al Colaquio "Aportaciones de las investigaciones Ecologicas y Agrarias a la*

Lucha del mundo contro el hambre", Madrid, 1-20.

- (19) — (1979): Gibt es Prioritäten im Umweltschutz? Bildung und Gesundheit. Georg Michael Pfaff-Gedächtnisstiftung, Stiftung ökologischer Landbau, Stiftung Mittlere Technologie. Halbjahreszeitschrift 22-30.
- (20) — (1985): Aufgaben und Ergebnisse der modernen ökologischen Forschung. Verh.Ges.Ökol. 15, 81-90
- (21) — (1987).Ökologisch und historisch bedingte Verbreitungsbilder innerhalb der alpinen Tierwelt. Verh.Ges.Ökol.15, 81-90.
- (22) Roth-Holzapfel M., Funke W.(1990): Element content of bark beetles (*Ips typographus* Linne, *Trypodendron lineatum* Olivier, Scolytidae) - A contribution to biological monitoring. Biol. and Fertil. Soils. 9, 192-198.
- (23) Schaller F. (1962): Die Unterwelt des Tierreiches. Verständliche Wissenschaft 78. Springer/Berlin, Göttingen, Heidelberg, 126 pp.
- (24) Schmitt G., Funke W., Wilhelm N.(1989): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die "Eklektorfauna" eines Fichtenforstes. Verh.Ges.Ökol. 18, 451-454.
- (25) — ,Funke W., Kraniz V.(1989): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die

Arthropodenfauna eines Fichtenforstes.

Jber.naturw.Ver. Wuppertal 42, 112-115.

(26) Stumpp J.(1987): Zur Taxonomie und Ökologie einheimischer Proturen. Dissertation Ulm.

(27) Vogel J., Funke W., Wilhelm N.(1989): Reaktionen euedaphischer Collembolen eines Fichtenforstes auf Pflanzenschutzmittel.

Verh.Ges.Ökol. 18, 469-472.

(28) — , Funke W.(1989): Auswirkungen verschiedener Substanzen auf die euedaphische Collembolenzönose eines Fichtenforstes.

Jber.naturw.Ver. Wuppertal 42, 116-118.

Anschrift des Verfassers:

Univ. Prof. Dr. Werner Funke

Abt. Ökologie und Morphologie der Tiere

der Universität, D-7900 Ulm, Albert Einstein Allee