

VERÖFFENTLICHUNGEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK

92

Alpin-Biologische Studien

geleitet von Heinz Janetschek

VI

Heinz Janetschek

AKTUELLE PROBLEME DER HOCHGEBIRGSENTOMOLOGIE



Herausgeber
Universität Innsbruck

- 1285



VERÖFFENTLICHUNGEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK

92

ALPIN-BIOLOGISCHE STUDIEN

Geleitet von Heinz Janetschek

VI



Heinz Janetschek

**AKTUELLE PROBLEME
DER
HOCHGEBIRGSENTOMOLOGIE**



1974

Im Kommissionsverlag der
Österreichischen Kommissionsbuchhandlung
Innsbruck

**Gedruckt mit Unterstützung
der Kulturabteilung im Amt der Tiroler Landesregierung**

Alle, Rechte insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

**© 1974, Universität Innsbruck
Herstellung:
Kleinoffsetdruck H. Kowatsch, Innsbruck**

Aktuelle Probleme der Hochgebirgsentomologie (Mit besonderer Berücksichtigung der Alpen)*

Meine Damen und Herren!

Wie der angekündigte Titel meines Vortrages "Aktuelle Probleme . . ." schon zu erkennen gibt, liegt mir weniger daran, neuere Forschungsergebnisse zu referieren, als vielmehr Ihren Blick ein wenig darauf zu richten, was alles zu tun wäre, um aus dem verfilzten Gestrüpp von Vermutungen, Spekulationen, Phantasien, Arbeitshypothesen und Theorien herauszukommen und unser, besonders auf dem Gebiet der Biologie der Hochgebirgsinsekten, sehr bescheidenes gesichertes Wissen zu vermehren. Ich wende mich dabei vor allem an den wegen ihrer Formenkenntnisse und Spezialerfahrungen für die institutionalisierte Entomologie unentbehrlichen großen Kreis von sog. Liebhaberentomologen, und hoffe, daß einige Anregungen auf fruchtbarem Boden fallen.

Der physiologisch orientierte Forscher wird zur Beantwortung einer interessierenden Frage das geeignetste tierische Objekt suchen, und dann zu Vergleichszwecken die Zahl der Untersuchungsobjekte allmählich etwas erweitern. Taxonomische Schwierigkeiten treten also höchstens anfänglich auf, bis man gelernt hat, seine Objekte sicher zu erkennen und ihre Laborzucht zu beherrschen.

Andererseits stehen eine Fülle von tiergeographischen Fragen an, sowie solche, welche ganze Lebensgemeinschaften oder wenigstens Ausschnitte aus ihnen betreffen. Dies erfordert die Kenntnis der Artengarnituren, der Wechselbeziehungen und der Biologien der Einzelarten. Bei derlei Arbeiten steigen die taxonomischen Schwierigkeiten exponentiell an. Eine gesicherte Artbestimmung ist aber die Grundlage jeder derartigen Arbeit.

Die heutige Gesellschaft fordert von uns nun Aussagen und Vorhersagemöglichkeiten für Landschaftsplanung, Landschafts- und Naturschutz, sowie Umweltschutz, für welche die nötigen wissenschaftlichen Unterlagen jedoch weithin fehlen, und erst im Wege mühsamer Ökosystemanalysen zu erarbeiten sind (7,32,36). Ökologie im weitesten Sinne wird also zunehmend gesellschaftspolitisch relevant. Die Universitätsausbildung tendiert aber andererseits zu biologischen Disziplinen, bei denen Formenkenntnis vielfach als geradezu irrelevant angesehen wird. Und es werden Stimmen laut, daß man, um kostbare Ausbildungszeit zu sparen, den Problemen der Allg. Biologie bzw. der Allg. Zoologie die "heiligen Kühe" der Systematiker eben opfern müsse.

* Nach dem Manuskript des am Bayerischen Entomologentag in München am 30. März 1974 gehaltenen Hauptvortrages.

Kein Geringerer als der Biochemiker und Nobelpreisträger von BUTENANDT hat sich bei seinem Grußwort an die 10. Hauptversammlung des Verbandes Deutscher Biologen am 13.10.1972 hier in München dazu folgendermaßen geäußert (1): "Ich sprach soeben vom notwendigen Durchdenken der Ausbildung der Biologen an unseren Universitäten und möchte in diesem Zusammenhang eine Sorge äußern, die mich seit langem bewegt: Sie liegt in der fortschreitend sich vollziehenden Entfernung der Biologen von den lebenden Objekten des Tier- und Pflanzenreiches. Die starke Hinwendung der Forschung zur Molekularbiologie, die ihre wichtigen Erkenntnisse im Gebiet grundlegender allgemein gültiger Gesetze des Lebendigen an nur wenigen, zumeist kleinen und kleinsten lebenden Objekten gewinnt, darf m.E. nicht dazu führen, daß der Biologe, sei er Botaniker oder Zoologe, die mannigfaltigen Objekte der lebenden Welt nicht mehr studiert, ja nicht einmal mehr kennt. Wenn ein Botaniker an einer Hochschule auf die Frage nach Namen und Wesen einer Pflanze, die ein Naturliebhaber von einem Spaziergang heimbringt und näher kennenlernen möchte, diesem antwortet "Warum fragen Sie mich? – Bin ich denn Gärtner? ", so sehe ich darin ein ernstes Symptom.

Wenn der Biologie-Student, der später die Kinder und Abiturienten in Botanik, Zoologie und Allgemeiner Biologie unterrichten soll, keine intime Kenntnis von den lebenden Objekten unserer schönen Welt hat, wie will er zu einem lebendigen Umgang mit der Natur anleiten, die doch durch keine methodisch gewonnene biologische Grundbildung ersetzt werden kann, so wichtig diese sein mag.

Was wir benötigen und wecken müssen, ist der Sinn jedes einzelnen für die ökologischen Zusammenhänge und Bedingtheiten der uns umgebenden Natur. Manches, was uns heute besorgt, bedrückt, ängstigt und entsetzt, wenn wir die Veränderungen unserer Landschaft mit der gefährvollen Störung aller ökologischen Zusammenhänge und den Verlust des natürlich Schönen erleben, wäre vielleicht vermeidbar gewesen, wenn jedem Schüler, jedem späteren Wirtschaftler, jedem späteren Politiker das Erlebnis der Natur – auch im Hegen und Pflegen, Beobachten, Sammeln und Ordnen – und das Wissen um die eigene Abhängigkeit von der in Jahrmillionen gewordenen Situation unserer Welt gründlich vermittelt worden wäre. Ist es heute zu spät? "

Die bedauerliche Konsequenz aus diesen Fakten, die wir als gegeben hinnehmen müssen, solange keine Trendänderung eintritt, ist nun die, daß einerseits die zunehmend erkannte Wichtigkeit ökologischer Forschung in all ihrer Breite zu einem zunehmenden Bedarf an Spezialisten führt, welche die nötige Determinationshilfe bei der Bearbeitung des Primärmaterials stellen müßten, sowie Informationen über die Einzelarten beistellen sollten, andererseits aber die Zahl systematisch arbeitender Biologen abnimmt.

Mit anderen Worten: Die Schere zwischen Angebot und Nachfrage klafft zunehmend. Ihnen allen ist bekannt, welchen üherragenden Anteil die Gliederfüßler, speziell die Insekten, nach Arten- und Individuenzahlen und Biomassen in unserer Biosphäre, insbesondere in den Landlebensgemeinschaften, haben. Die Situation an den Museen, die ja in erster Linie zu Hilfestellungen berufen wären, hat HENNIG (10) durch folgendes Zahlenbeispiel illustriert: selbst mittlere Museen beschäftigen je einen Säugetierforscher (6000 Arten),

einen Ornithologen (8000 Arten), einen Herpetologen (6000 Arten Kriechtiere). Dann müßten mindestens 100 Entomologen (mit entsprechender Sammlung und Bibliothek) zur Verfügung stehen, um auch nur die bis jetzt bekannten Insekten der Gegenwart gleichwertig zu betreuen. Unnötig zu sagen, daß dies an keiner Stelle auch nur annähernd der Fall ist.

Die aufgezeigte Lücke muß also nach wie vor, und heute in zunehmendem Maße, von Amateuren gefüllt werden. Es wäre eine ungemein reizvolle Arbeit für einen Wissenschaftshistoriker, den bedeutenden Anteil dieses Kreises an der Entwicklung der Entomologie herauszustellen. Allerdings ist Beschäftigung mit Insekten, wenn auch Quelle vieler Freude und Befriedigung, kaum publikumswirksam. Auch KINSEY wurde erst weltberühmt, nachdem er sich von seinen ungemein verdienstvollen Studien an Gallwespen dem Sexualleben der Species Mensch zugewendet hatte.

Wesentliche Grundlagen der Entomologie und der Ökologie wurden von angewandten Fächern beigeleitet, wie der medizinischen, der landwirtschaftlichen und der forstlichen Entomologie. Von Einzelausnahmen und von Problemen im Bereich der Wald- und Baumgrenze abgesehen, liegt jedoch das Hochgebirge insgesamt außerhalb des unmittelbaren Interessenbereiches der Angewandten Entomologie und direkte Hilfen sind von hier nicht zu erwarten.

Das uns so bitter nötige Grundlagenwissen über das Funktionieren von Ökosystemen ist nun am leichtesten und raschesten an möglichst einfachen, daher modellhaften Systemen erarbeitbar. Und dazu bietet sich das Hochgebirge wegen seiner relativ kleinen Arten-garnituren an. Arbeiten im Hochgebirge hat also eine über reine Grundlagenforschung weit hinausgehende allgemeine Relevanz.

Bevor wir nun, ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit, darangehen, ein Bündel von hochgebirgsentomologischen Problemen vorzulegen, an denen auch Amateure mitarbeiten könnten, ist angebracht, die verschiedenen Lebensräume in knaptester Form zu skizzieren.

In den Alpen und vielen anderen Gebirgen bildet die Waldgrenze eine auffällige untere Grenze der Hochgebirgslandschaft. Wo jedoch zufolge der Trockenheit des Klimas bewaldete Höhenstufen fehlen, bedarf es zusätzlicher, geomorphologischer Kriterien (39,40). Hochgebirge können damit ganz allgemein definiert werden als Gebirge, die sich unabhängig von ihrer tatsächlichen Höhe über die obere Grenze des Waldes und des Baumwuchses erheben und, als Folge gegenwärtiger und eiszeitlicher Vergletscherung, Karbildungen, zugeschärfte Gratkämme und Gipfel aufweisen, sowie Strukturbodenbildungen und Bodenfließen zeigen. Die in dieser Weise dreifach gekennzeichnete untere Grenze der Hochgebirgslandschaft verläuft asymmetrisch zu den geographischen Breiten; sie erhebt sich in den Tropen auf über 4000 m, in den trockensten Gebieten der Erde auf über 5000 m. In Europa bildet die Waldgrenze eine sehr brauchbare Abgrenzung nach unten. Sie steigt von Norden, wo sie als arktische Waldgrenze im Meeresniveau liegt, nach Süden an (bis über 3000 m im Hohen Atlas), vom ozeanisch-feuchten Westen zum kontinental-trockenen Osten (100 m an der Westküste Irlands; 2600 m im Ostkaukasus), und vom Rand der Gebirge gegen deren Inneres (in den Alpen von 1600 auf 2400 m).

Gegenüber dem ausgeglichenen Bestandesklima des Waldes ist jenes des Hochgebirges sehr übervereinfacht charakterisiert durch starke Gegensätze auf kleinstem Raum und starke Oszillationen im Mikroklima, bei einer mit der Höhe zunehmenden Reduktion des geringen Wärmeangebots in einer zunehmend kürzeren Aperaturzeit (Wachstumszeit), innerhalb der auch im Hochsommer jederzeit Schneefälle und Fröste auftreten können.

Innerhalb des Hochgebirges sind Vegetationsgürtel abnehmender Pflanzenmannigfaltigkeit, Deckung und Produktion stockwerkartig übereinander angeordnet, wobei die Floristik dieser Gürtel, weltweit gesehen, sehr verschieden ist (41).

In unseren Alpen (33) findet sich im Bereich der klimatischen = potentiellen Waldgrenze, die von der meist anthropogen gesenkten aktuellen wohl zu unterscheiden ist, eine Zwergstrauchheidenstufe, darüber eine Grasheidenstufe mit auf Verebnungen geschlossenen, kräuterreichen Rasen verschiedener Hartgräser. Nach oben löst sich der Rasen zunehmend auf und reduziert sich auf Flecken in lokalklimatisch noch möglichen Wuchsorten etwa in besonnten Felshängen; dazwischen werden Polster- und Rosettenpflanzen und Flächen mit Moosen und Flechten zunehmend häufig. Im Bereich dieser Rasengrenze bzw. der Polsterpflanzenstufe ist die fiktive klimatische Schneegrenze zu denken, oberhalb der für Verfirnung geeignetes Gelände dauernd firn- und eisbedeckt ist.

Damit beginnt die sogenannte Nivalstufe. Mit dem Überwiegen von Moosen und Flechten spricht man von einer Kryptogamenstufe, innerhalb der als weitere wichtige biologische Grenze die Blütenpflanzengrenze liegt; sie zeigt einen ähnlich asymmetrischen Verlauf wie die Waldgrenze, mit Höchstlagen im Himalaya (17,38,42). Zumindest im antarktischen Hochgebirge schließt an die Kryptogamenstufe noch die von mir beschriebene Mikrophytenstufe an, in der eine an der Bodenoberfläche erkennbare Vegetation fehlt, und sich das gesamte Leben unter ihr abspielt, in jener schmalen Vertikalspanne im humusleeren Boden, wo die Aufwärmung hinreicht, um wenigstens studenweise bei gutem Wetter innerhalb des Sommers etwas Feuchtigkeit freizuschmelzen (14).

Für den Biologen besonders wichtig ist innerhalb der Nivalstufe die geländebedingte Grenze zwischen Firn und Eis, und den sommeraperen Gebieten (die i.w. der Kryptogamenstufe angehören). Es ist die im Gelände nach Rückzug der temporären Schneegrenze auf ihre Höchstlage sichtbare orographische Schneegrenze zwischen Dauerfirn und Eis einerseits und Aperaturgebieten andererseits. Wegen ihrer Reliefbedingtheit verläuft sie überaus verwickelt, und wird bei günstiger Exposition (Richtung zur Einstrahlung) und Geländesteilheit von vielen Hochgipfeln überragt, so praktisch auch vom Mt. Everest, dem höchsten Berg der Erde, und von vielen Teilen hochpolarer Gebirge, wie des über 2000 km langen Transarktischen Gebirges, wo immerhin noch Springschwänze als einzige Insekten leben (14).

Jenseits dieser orographischen Schneegrenze liegt das Nährgebiet der Gletscher, aus dem ihre Zungen mehr – minder tief in tiefere Vegetationsstufen hinabreichen, in Neuseeland z.B. bis in die küstennahen Regenwälder mit Baumfarnen, in Polargebieten bis viele km in das Meer hinein, wo sie zusammenfließend die mächtigen Gletschereistafeln bilden, die als Schelfeis bekannt sind, und die im Südpolargebiet rund 1/10 der Gesamt-

fläche von Antarktika als geographischem Gebilde ausmachen. Die Oberfläche der Firnfelder und Gletscher bildet den Lebensraum der Kryofauna, deren charakteristische Insektenarten die Gletscherflöhe sind, wie *Isotoma saltans* in den Alpen und der von mir entdeckte *I. mazda* Yosii 1971 im Mt. Everest-Gebiet.

Die Grenzen zwischen diesen erwähnten Vegetationsgürteln liegen, wie die Waldgrenze, in unseren Zentralalpen um 400 - 600 m höher als randlich, was mit der geringeren Bewölkung und daher größeren Strahlungssumme zusammenhängt (Massenerhebungseffekt).

Aber auch innerhalb der einzelnen Gürtel wirkt sich der klimamodifizierende Einfluß des Kleinreliefs aus Mulden und Rücken in Gebirgen mit einer Winterschneedecke wie den Alpen in einer erheblichen horizontalen Differenzierung in Bewuchs, Bodentyp und Tierbesiedlung aus. Dieses Mosaik spiegelt die verschiedene Mächtigkeit der Winterschneedecke und die entsprechend sehr verschiedene Aperatur bzw. Wachstumsperiode und das Feuchteangebot usw. wider. Man kann so aus der Vegetation die Aperatur in etwa ablesen. Manche Stellen aber, von übersommernden Firnflecken überdeckt, nach schneereichen Wintern überhaupt nicht aus. Hier sind nur mehr schimmelartige Überzüge am Boden zu sehen, die von einem Lebermoos (*Anthelia juratzkana*) gebildet werden. Aber auch Wuchsorte von Blütenpflanzen werden u.U. nicht alljährlich schneefrei. So hat die höchststeigende Blütenpflanze der Alpen, der Gletscherhahnenfuß (*Ranunculus glacialis*), nach Befunden in rund 3200 m Höhe der Ötztaler Alpen an manchen Stellen eine ununterbrochene Schneebedeckung von 33 Monaten, also fast 3 Jahren, zu überdauern, bevor die Pflanzen wieder ausspornen und assimilieren können. 45 Monate Schneebedeckung wurden nicht mehr überstanden (25). Analoge Beobachtungen über die Tierwelt wären sehr willkommen.

Aus dieser Skizzierung der Höhenstufen und des Vegetationsmosaiks innerhalb desselben Höhenniveaus folgert mit aller Deutlichkeit die völlige Relativierung aller absoluten Höhenangaben für die Vertikalverbreitung unserer Untersuchungsobjekte, der Hochgebirgsinsekten. Höhenangaben sollten daher von Informationen begleitet sein, die eine Einordnung in die Höhenstufe und, noch besser, eine Zuordnung zu einem durch die Vegetation gekennzeichneten Habitattyp innerhalb von ihr, gestatten. Die Vegetation ist ja, soweit sie nicht vom Menschen verändert ist, zugleich Indikator des lokalen Bodentyps und des Lokalklimas. Hier möglichst genau zu sein, ist meine erste Bitte an Sie. Eine zweite, gleich anschließende, wäre, den Namen Alm oder Alpe allein, oder in seinen Verbindungen, wie z.B. Almweide, -matte usw. nur im eigentlichen Begriffsinhalt als vom Menschen durch Rodung gewonnenes Land für Sommerweiden in höheren Lagen zu verwenden. Sie liegen, abgesehen etwa von Yakalmen im Hochhimalaya, wohl stets unterhalb der potentiellen Wald- und Baumgrenze, und weisen eine Mischfauna auf, die zwischen jener der Waldstufen und des primär waldlosen Raumes oberhalb vermittelt, sich oft mit ihm verzahnt und gesondert zu behandeln wäre. Dazu kommen jetzt noch die in unseren Tagen zunehmend anwachsenden Flächen der Schipisten, die das Hochgebirge mit den Talwiesen verbinden.

Mit den sie betreffenden Sekundärsukzessionen usw., ebenso wie mit den Konsequenzen vieler anderer z.T. schwerster Eingriffe des Menschen in die Hochgebirgsnatur durch

Energiewirtschaft und Tourismus muß sich die Wissenschaft erst auseinandersetzen. Hier liegt auch das aktuellste Problem der Hochgebirgsentomologie, zumindest in unseren Bereichen.

Weltweit gesehen, sind die Hochgebirge, und damit auch die Umweltsrelationen und die bezüglichen adaptiven Reaktionen und Spezialisierungen der Insektenwelt sehr verschiedenen. Schematisch übervereinfacht, könnten wir etwa folgendermaßen gliedern in:

Polare Hochgebirge mit extremen Langtagbedingungen während der Wachstumsperiode, und Außerpolare mit normalem Lichtrhythmus, die sich wieder unterteilen lassen in tropische Hochgebirge mit Tageszeitenklima und jene gemäßigter Zonen mit Jahreszeitenklima.

Während es im antarktischen Hochgebirge viele Bereiche gibt, die jenseits der hydrothermal bewirkten absoluten Grenze aktiven Lebens liegen, existiert eine derartig bedingte absolute Lebensgrenze in anderen Gebieten wahrscheinlich nicht als Höhengrenze, wohl aber lokal durch zu geringes Wasserangebot. Eine durch die Höhe als solche, also durch geringen Luftdruck bzw. Sauerstoffteildruck bewirkte Obergrenze der Verbreitung gibt es für Gliederfüßler bzw. Insekten aller Voraussicht nach auf der Erde überhaupt nicht.

In den arktischen Niederungstundren wirken dieselben Umweltsfaktoren wie im Hochgebirge niedriger Breiten; die korrelierten Spezialisierungen bei den Insekten werden vergleichbar sein. Unterschiede werden vor allem, infolge des verschiedenen Lichtrhythmus, in der saisonalen, jahreszeitlichen und diurnalen, tageszeitlichen Rhythmik aller biologischen Aktivitäten zu suchen sein. Deshalb sucht man auch vergeblich nach einem "Strukturtyp" Hochgebirgsinsekt, an dessen Körperstrukturen seine Einordnung in den Landschaftstyp Hochgebirge abgelesen werden könnte. Denn Verzweigung, Verdunklung, Verdichtung der Behaarung usw. sind auch in anderen Extremarealen zu finden.

Aufgrund der Subsummierung von Autorenmeinungen sind Hochgebirgsinsekten etwa: "Ärmlich aussehende, dunkle, dicht behaarte, kaltstenotherme und frostharte hygrophile poly- oder saprophage brachyptere bis aptere terricole Zwerge mit verkürzter oder verlängerter Entwicklungsdauer und zufolge Stoffwechselherabsetzung durch die niedere Umgebungstemperatur verlängerter Lebensdauer, mit Trends zur Reduktion bis Aufgabe des männlichen Geschlechts, zu Polyploidisierungen, Viviparie und Brutpflege, und zur Verlegung aller Aktivitäten in die täglichen Hellzeiten (Einstrahlungsphasen)."

Die Erforschung der Ökosysteme der Gebirge, und damit deren Insektenfauna als wichtigem Bestandteil, hat eine dermaßen globale Bedeutung, daß sich die UNESCO 1971 veranlaßt sah, als Teil eines auf das Internationale Biologische Programm (IBP) aufstockenden weiteren Internationalen Programms mit dem Titel "Man and Biosphere" ein eigenes Projekt 6 "Human Impact on Mountain Ecosystems" (MAB 6), Einfluß des Menschen auf Gebirgsökosysteme, zu inaugrieren. Dieser Entschluß wurde in einer ausführlichen Stellungnahme begründet, in der die überragende Bedeutung der Gebirgslandschaften für die gesamte Biosphäre und für die Menschheit dargelegt wird. Die Kürze der Zeit verbietet, darauf einzugehen. Auszugsweise ist sie am Ende meines Artikels "Hochgebirge" im Ökologieband von GRZIMEK'S Tierleben abgedruckt (17).

Österreich hat sich zur Teilnahme an diesem auf 7 Jahre angelegten Projekt entschlossen. Eine zentrale Bedeutung unter den vier österreichischen Planungen kommt dabei unserem Innsbrucker Projekt zu, das unter dem Arbeitstitel "Einfluß des Tourismus auf eine Hochgebirgslandschaft" die Wechselwirkungen zwischen dem hochgelegenen Ötztaler Dorf Obergurgl und der umgebenden Landschaft mit Schwerpunkt auf den hochalpinen Grasheiden, die heute ja einer besonderen Belastung durch den Tourismus ausgesetzt sind, untersuchen will. Denzeit 11 miteinander verzahnte Einzelprojekte sind dabei in Vorbereitung bzw. im Anlaufen; weitere werden folgen. In einer ersten Phase dieses komplexen Gesamtvorhabens Obergurgl soll der vielfältige Einfluß des Tourismus auf die verschiedenen Belange des Dorfes Obergurgl untersucht werden, wobei Schwerpunkte auf einer Analyse des Ökosystems alpine Grasheide sowie auf ethnologische, soziologische und wirtschaftsgeographische Erhebungen fallen werden. In einer zweiten Phase sollen die Resultate zur Synthese zusammengefaßt und mittels Computer-Simulationen Optimierungsvorschläge für eine künftige Landnutzung erarbeitet werden, wobei die begründete Erwartung besteht, daß damit ein Computermodell verfügbar wird, das auch in anderen Alpentteilen Planungsunterlagen liefern kann, welche erstmals bezüglich politischen Entscheidungen auch eine wissenschaftliche Grundlage anbieten.

Diese MAB-Gebirgsprogramme sind an sich gedacht als Aufstockung auf aus dem IBP gewonnene Resultate. Jedoch sind im Rahmen des IBP in den Alpen, im Gegensatz zur arktischen Tundra, keine Untersuchungen an Landtiergemeinschaften vorgenommen worden. Die Kapazität meines Instituts war durch die Inangriffnahme der Untersuchung eines Hochgebirgssees, der sich wegen der relativen Einfachheit der Artengarnituren als Modell für ein limnisches Ökosystem anbot, voll ausgelastet. Die bisherigen, reichen Ergebnisse (27) werden derzeit jenseits des großen Teiches zu einem Computer-Modell verarbeitet, das, sobald es funktionieren wird, durch Abänderung der jeweiligen Parameter Aussagen über die vielen anderen Hochgebirgsseen ermöglichen wird, von denen es allein in Tirol rund 400 gibt. Leider wird unser Modellsee im Kühltal der Energiewirtschaft geopfert. Der Einstau soll 1978 erfolgen. Aber schon jetzt können unsere Erfahrungen wesentlich zum Schutz von Gewässern und zur Restaurierung von Badeseen usw. beitragen.

Für die Analyse terrestrischer Hochgebirgsökosysteme reichen unsere bisherigen Erfahrungen, mag im einzelnen auch schon viel vorliegen, also bei weitem nicht aus. Damit werden auch alle die Hochgebirgsentomologie betreffenden Fragen hochaktuell, und erlangen durch die Einbeziehung des Menschen über reine Grundlagenforschung hinaus eine unmittelbare gesellschaftspolitische Relevanz. Vor allem geht es um die Problematik der Populationsregulation der Einzelarten und die Verknüpfung all dieser Regelkreise, was ein Studium aller Parameter, die die Natalitäten und Mortalitäten beeinflussen, erfordert, einschließlich der Einflüsse des Menschen. Damit würde über ein Verstehen des Gleichgewichts in der Lebensgemeinschaft und schließlich im Ökosystem eine solidere Beurteilung seiner Störanfälligkeit und Belastbarkeitsgrenze möglich, und man käme der Feststellung von Entwicklungstrends der Wechselwirkungen zwischen Mensch und Hochgebirgslandschaft näher.

Wenn wir uns nun diesen besonderen und sonstigen ganz allgemeinen aktuellen Probleme

men der Hochgebirgsentomologie etwas näher zuwenden wollen, so kann es sich dabei natürlich um nichts anderes handeln, als um eine auf die spezielle Situation im Hochgebirge bezogene Wiederholung der alten, ganz allgemeinen ökologischen Fragen:

1. was lebt
2. wie und wo
- und
3. warum?

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit ergeben sich daraus, grob gegliedert und verzahnt, neun Problembündel. Ich würde mich freuen, wenn auch der Amateur durch die Anstöße der MAB-6-Projekte angeregt werden sollte, sich nach Möglichkeit und Neigung mit dem einen oder anderen aktiv bzw. intensiver zu befassen. Ich biete also einen Katalog von Desideraten an:

1. Verfügbarmachung schlummernder Information.
2. Arbeit auf den Gebieten der Systematik, Faunistik und Tiergeographie.
3. Biozönotische Arbeit: Feststellung von Artenbündelungen.
4. Biomassebestimmungen; Massenwechsel; Aspektwechsel.
5. Umschichtungen von Artengarnituren, Arten- und Individuenzahlen und Biomassen im Höhen transekt und im Transekt durch das reliefbedingte Umweltmosaik im selben Höhengniveau.
6. Produktionsbiologische Studien.
7. Erfassung möglichst vieler Umweltparameter, insbesondere des Mikroklimas und Bodens und der belebten Umwelt, mit Einschluß des Menschen.
8. Möglichst weitgehende Analyse der Biologie weiten Sinnes und Ökophysiologie möglichst vieler, zumindest aber der dominanten und/oder an den Umsetzungsprozessen wesentlich beteiligten Einzelarten.
9. Vergleiche der aus den verschiedenen Höhenstufen gewonnenen Daten. Informationen spezieller Art, die zum Problemkreis "Spezialanpassungen an das Leben im Hochgebirge" beitragen, soweit nicht bereits aus No. 8 hervorgehend, z.B. über morphologische Strukturen.

In größter Gedrängtheit sei dazu etwas gesagt.

Zu 1. "Schlummernde Information":

Veröffentlichungen am ungeeigneten Ort. Ein Beispiel: Wenn ein englischer Sommergast seine Beobachtung einer Schwebfliegenmigration im Tiroler Hochgebirge, etwas, was ich aus theoretischen Gründen seit langem postuliert hatte, zu Hause in einem nur lokal verbreiteten kleinen Organ publiziert, gelangt dies nur durch Zufall an jenen Leserkreis, der diese Information braucht, es sei denn, man wäre ebenso zufällig mit dem Autor in Schriftentausch. Wenn schon nicht Publikation am richtigen Ort, dann wenigstens Sendung von Sonderdrucken an jene Institutionen, die sich schwerpunktmäßig mit Hochgebirgsbiologie befassen.

Veröffentlichung von Bibliographien und Sammelreferaten: Die Flut der verstreuten Primärliteratur nimmt so zu, daß Zusammenfassungen immer wichtiger werden.

Sehr viel Spezialistenwissen- und erfahrung ist, aus welchen Gründen immer, unveröffentlicht und damit nur durch direkten Kontakt mit den Spezialisten oder durch ihren

Einbau in ein Team verfügbar. Dies betrifft vor allem Informationen über Biologie und Verhalten. Also Verstärkung des Informationsflusses! Man sollte mehr davon wissen, wer was macht, kann und weiß.

Zu 2. Systematik; Faunistik; Tiergeographie:

Zunächst möchte ich eine von LINDROTH (23) ausgesprochene Warnung wiederholen: "Die Beschränkung auf eine kleine taxonomische Gruppe oder ein begrenztes geographisches Gebiet bringt die Versuchung mit sich, sich zu sehr in Details zu verlieren; z.B. unter das Art-Niveau zu gehen und abweichende Insektenexemplare zu benennen, die nicht als Repräsentanten von definierbaren Unterarten angesehen werden können."

Die Larvalsystematik liegt sehr im argen. Für Ökosystemanalysen ist aber die Determination auch der Entwicklungsstadien nötig. Also: Bibliographien der verstreut schon vorhandenen Larvenbestimmungsschlüssel, und Verfassung von Schlüsseln, die ja meist noch fehlen.

Faunistik: Die Artengarnituren sind selbst in den Alpen, die als gut untersucht gelten!, auch bei vielbeachteten Ordnungen (Käfer, Schmetterlinge) nur lokal hinreichend bekannt. Die meisten Ordnungen sind aber ganz unzulänglich untersucht. Anstelle einer Konzentration der Amateure auf einige wenige Ordnungen wäre eine gleichmäßige Streuung auf alle Ordnungen nötig.

Faunistische Arbeit nach ökologischen Gesichtspunkten: Werden z.B. in einem lokal begrenzten Untersuchungsgebiet Einzellokalitäten nach ökologischen Reihen ausgewählt, etwa im selben Höhengiveau vom windgefedten, der vollen Winterkälte ausgesetzten Rücken, zum extremen Schneeboden in einer Mulde, die vielleicht nicht alljährlich aper und Staunässe zeigt, so erfährt man gleichzeitig mit der Feststellung der Artengarnituren eine Menge über deren Toleranzen und Ansprüche. Besonders Gletschervorfelder (möglichst horizontale!) empfehlen sich dazu, da sie modellhaft in ihrer horizontalen Besiedlungsabfolge zugleich die Vertikalabfolge der Höhenumschichtungen widerspiegeln. Die auf ihnen sich abspielenden zeitlich sehr genau festlegbaren Primärsukzessionen sind wohl das großartigste Naturexperiment, das im Gebirge verfügbar ist (11,13). Sie mehr zu studieren, wäre umso aktueller, als gerade die Gletschervorfelder einer sehr rasch voranschreitenden Störung durch Wege-, Hütten- und Hotelbauten unterliegen, was bis zu ihrer völligen Vernichtung durch Anlage von Stauseen zwecks Energiegewinnung geht. Hier tut Eile not. Ebenso aktuell ist das Studium der Sekundärsukzessionen auf Skipisten, oder in Talgründen, die durch Bachableitungen trockengefallen sind, sowie der anthropogenen Veränderung im Umkreis von Schutzhütten usw. Unnötig zu sagen, daß all dies auch unter Beschränkung auf eine kleine Insektengruppe durchführbar ist.

Beachtenswert ist ferner die Oberfläche von Firn und Eis: Erstens kann die Kenntnis der "toten Firnfauna" zum Problem der Insektenmigrationen beitragen, zweitens ist so eine leichte Abschätzung des Ausmaßes an organischer Drift möglich, die durch Aufwinde emporgetragen, sich auch an den aperen Hängen niederschlägt (SWAN behauptet geradezu eine "Äolische Stufe" im Himalaya oberhalb der Blütenpflanzenzone, die als abhängiger

Lebensraum auf "Anflugnahrung" angewiesen sei (37,38), eine Auffassung, die ich in dieser Ausschließlichkeit aufgrund meiner Erfahrungen im südpolaren Hochgebirge und im Himalaya nicht teilen kann), und drittens ist unsere Kenntnis der Kryofauna in jeder Hinsicht noch völlig unzureichend!

Tiergeographische Gesichtspunkte unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der quartären Vereisungen auf die Alpen wären: Die Bemühung um eine tatsächliche Ausfüllung der Areale durch eine intensive horizontale Durchmusterung, zur besseren Herausarbeitung der vielfältigen Disjunktionen im Hochgebirge, und ihrer Korrelationen mit Höhenstufen, was in normalen Punktkarten zur Wiedergabe der bekannten Verbreitung völlig untergeht. Damit werden ökologische Leerräume ersichtlich, was wieder für die historische Beurteilung der Ökosysteme wesentliche Informationen liefert. Besonders zu beachten wären die Erhaltungsgebiete prä- und interglazialer Faunenelemente am Nordalpenrand; jene der Südalpen sind einigermaßen exploriert – ein Blick auf eine Karte der eiszeitlichen Vergletscherung des in Frage stehenden Alpenteils gibt genügend Anhalt für eine Auswahl von Lokalitäten – sowie der inneralpinen Nivaltafeln (in einer guten Karte und im Gelände durch die Geomorphologie erkennbar) (12,35). Dies impliziert natürlich eine Abkehr von gewohnten Exkursionswegen und einige Gefahren und Strapazen. Auch die Bedeutung der Hochgebirge, wie der Alpen, als Evolutionszentren käme damit besser heraus, wobei vor allem Zusammenstellungen des supraspezifischen Endemismus wünschenswert wären, sowie solche von Höhendifferenzierungen im subspezifischen oder höheren Niveau, verbunden mit einer Abschätzung des jeweils wirksamen Isolationsmechanismus, der im Prinzip sowohl existenz- wie ausbreitungsökologischer Art sein kann. Fälle solcher Höhendifferenzierungen habe ich z.B. aus den Pyrenäen und den Westalpen bei Machiliden beschrieben. Auch hier wären Zusammenfassungen erwünscht.

Zu 3. Zoozoönotik:

Derlei Arbeit wäre gerade im Hochgebirge wegen der relativ geringen Artenzahl leichter als in Gebieten mit großer Diversität. Jedoch haben nur einige wenige Autoren bisher auf diesem Gebiet und speziell im Hochgebirge gearbeitet. Erste Versuche einer Kartierung von Tiergemeinschaften gingen aus meinem Institut hervor (34,35). Es schreckt wohl die Notwendigkeit ab, dazu quantifizierbar aufzusammeln zu müssen. Gerade zu solcher Arbeit wäre aber der Spezialist der betreffenden Gruppe am besten geeignet: seine Formenkenntnis ermöglicht ihm die Determination des notwendigerweise großen Materials in relativ kürzerer Zeit, und bei der Bearbeitung der Primärtabellen (die zunächst von der Vegetation abstrahieren muß!), hilft ihm seine Erfahrung zur Erkennung der zur Aufstellung der Artenbündelungen nötigen trennenden und verbindenden Merkmale, wie Artenkonkordanzen- und vikarianzen, Stetigkeiten und Häufigkeiten, was wieder Zeit spart, wenn man nicht mit numerischen Methoden einer "cluster-analysis" mit dem Computer arbeiten will.

Zu 4. Biomassebestimmungen; Massenwechsel; Aspektwechsel:

Biomassebestimmung heißt Umrechnung der mittels auf Flächen- bzw. Volumseinheiten bezogenen, absoluten Aufsammlungsmethoden (die wohl von Gruppe zu Gruppe verschieden, aber vergleichbar sein müssen) erhaltenen Schätzungen der absoluten Individuen-

zahlen in Gewichte. Damit werden die Tiermengen verschiedenster Körpergröße erst vergleichbar und etwa in Gramm/m² ausdrückbar. Bisher liegen aus dem Hochgebirge praktisch nur Schätzwerte mit Relativmethoden vor; Absolutwerte sind aber nötig, weil sich auf ihnen die Abschätzung der Produktion, des Biomassezuwachses in der Zeit (pro Fläche bzw. Volum) aufbaut. Schätzungen von Individuenmengen und Biomassen sollten sich über den Jahresablauf erstrecken, zur Erfassung der saisonalen Aspektwechsel, und über Jahre hinaus, zur Erfassung des Massenwechsels infolge annual verschiedener Witterung usw. in verschiedenen Jahren, sowie von annualen Aspektwechseln, die durch Arten mit mehrjährigem Entwicklungszyklus, bei denen die Adulti nicht jedes Jahr erscheinen, bewirkt sein können.

Aspektwechsel sind z.T. bekannt, oft aber nur als "schlummernde Information", als unveröffentlichter persönlicher Erfahrungsschatz, oder veröffentlichte Angaben bedürfen der Richtigstellung oder Ergänzung. So spricht man in der dipterologischen Literatur von einer Tipulidenstufe der Fallagen, wogegen in Schneetälchen und -böden Tipulidenlarven konstant und häufig sind, und die Imagines zu einer bestimmten Jahreszeit (Herbst) einen regelrechten Tipulidenaspekt der Flugfauna in der Grasheidenstufe bilden können. Zusammenfassungen der vorhandenen Information über Aspektwechsel im Hochgebirge wären sehr erwünscht.

Die komplexe Verursachung von Massenwechseln kann hier nicht diskutiert werden. Zur Feststellung von Massenwechseln ist eine jahrelange Intensivuntersuchung einiger weniger Lokalitäten erwünscht, sowie die Bearbeitung des anfallenden Primärmaterials an Tieren wenigstens bis zu höheren Taxonen mit erwartbar ähnlicher ökologischer Wertigkeit (vgl. aber dazu Pkt. 9!), sowie, weil ja die Untersuchungslokalitäten durch die methodischen Eingriffe gestört werden, die Forderung nach auch für die Zukunft störungsfreien, vollgeschützten Referenzarealen, ein selbstverständlicher Anspruch der Wissenschaft, den durchzusetzen bei uns äußerst schwer fallen wird!

Zu 5. Vertikale und horizontale Umschichtungen:

Über Horizontaltransekte wurde unter 2 "Faunistik" schon einiges gesagt; Vergleiche der Faunation verschiedener Lokalitäten sind auch Voraussetzung für biozönotisches Arbeiten (Pkt. 3). Vergleiche von innerhalb verschiedener Höhenstufen gewonnenen Daten ermöglichen außerdem exaktere Aussagen über die bisher nur sehr allgemein abschätzbare Abnahme der Artenmanuigfaltigkeit (Diversität) mit der Höhe, bzw. von Vegetationsstufe zu Vegetationsstufe, über Umschichtungen der Artengarnituren und der Dominanzverhältnisse (17,34), wobei Reduktionen nach höheren Taxonen, wie Familien und Ordnungen, sehr ungleichmäßig verteilt sein werden. So sind in der Kryptogamenstufe an Insekten im wesentlichen nur mehr Springschwänze, Dipteren, parasitische Kleinhymenopteren, Kleinschmetterlinge und einige Käfer vorhanden.

Derzeit sind nur sehr grobe Schätzungen der Abnahme der Diversität möglich. In Tirol schätze ich sie wie folgt: In den alpinen Grasheiden ca. 4 % der Arten (ohne Mikrofauna!) der Niederungen und Waldstufen; in den Polsterheiden ca. 1 % (= Abnahme auf 1/30 der Artenzahl tieferer Lagen); in der Kryptogamenstufe ca. 0.7 % (= Abnahme auf 1/150 bzw.

1/5 der Grasheiden).

Zum Vergleich dazu beträgt die Anzahl der Insektenarten der südlichen Tundra ca. 5 % der Artenzahl gemäßiger Gebiete, und sinkt in der Hocharktis auf weniger als 1 % (6). Meine Schätzung aus den Alpen (unveröffentlichte Vorlesungsmitt.) stimmt also in der Größenordnung der Prozentverhältnisse mit jenen aus der Arktis gut überein.

Über die parallele Biomasseabnahme sind Schätzungen an Hand von Absolutmethoden derzeit noch nicht möglich. In der Mikrophytenstufe der Antarktis, nahe an der potentiellen Grenze aktiven Lebens, liegen die Arthropodenbiomassen nach meinen Schätzungen bei 1 mg/l (14).

Zu 6. Produktionsbiologische Untersuchungen:

Eine grobe Abschätzung der Stoffproduktion der Pflanzen ist heute als Ergebnis der Bemühungen im Rahmen des IBP bereits weltweit möglich. Der sich daraus ergebende Wirkungsgrad der Ausnützung der Sonnenenergie durch die Assimilationstätigkeit der Pflanzen ist mit 0.13 % der jährlich global eingestrahltten Sonnenenergie überraschend niedrig (22). Auch für Hochgebirge im speziellen sind bereits Richtwerte veröffentlicht, so für die Zwergstrauchheiden am Patscherkofel bei Innsbruck in 2000 - 2200 m Höhe. Die mittlere Schneedeckendauer beträgt dort rund 6 Monate (188 Tage). Hier und in alpinen Rasengemeinschaften und in noch höheren Lagen scheinen die Netto-Biomassenzunahmen sehr gering bis Null zu sein. Die Pflanzendecke erhält also gerade eben ihren Bestand, trotzdem der Ausnützungsgrad der eingestrahltten photosynthetisch aktiven Energie innerhalb der kurzen Vegetationszeit mit rund 0.6 % recht hoch erscheint, die Pflanzen also in dieser Zeit sehr kräftig assimilieren. Jedoch scheint der hauptsächliche Gewinn an organischer Substanz, der den Stoffkreislauf des Ökosystems aufrecht erhält und damit als Überschuß für die Konsumenten und Reduzenten verfügbar ist, in der Streuproduktion zu liegen (20).

Analoge Untersuchungen der Sekundärproduzenten, also der Konsumenten 1. und höherer Ordnung (der Herbivoren und Carnivoren) und der tierischen Zersetzer toter organischer Substanz (7,28,29,32) fehlen in Landökosystemen unseres Hochgebirges auch für repräsentative Vertreter der wichtigsten Lebensformengruppen völlig. Man könnte höchstens aus andernorts gewonnenen Ergebnissen extrapolieren, wie etwa aus Tundren der USA und Kanadas, aus subantarktischen Inseln. Die Gewinnung von Daten für die Abschätzung der Umsatzleistungen der Tiere bzw. Insekten und damit ihrer Bedeutung und Funktion in den Hochgebirgsökosystemen ist also dringendes Desiderat. Auch der Amateur könnte durch Messungen des Bestandesabfalles, also der Streuproduktion, und der Abbaugeschwindigkeit durch die Tätigkeit von Zersetzern, und der Ermittlung des Abfraßes an oberirdischen Teilen des Bewuchses etwas helfen, vor allem auch durch die Feststellung, wer was frißt (Pkt. 8: Biologie).

Aus der sehr geringen Produktion im Hochgebirge ist zu schließen, daß die Folgen menschlicher Eingriffe nur sehr langsam, wenn überhaupt, reparabel sind, was die für Entscheidungen Verantwortlichen bedenken sollten!

Zu 7. Erfassung möglichst vieler Umweltparameter:

Infolge der enormen methodischen Schwierigkeiten und des apparativen Aufwandes gibt es derzeit überhaupt noch keine abgeschlossene Untersuchung der Energiebilanz einer terrestrischen Hochgebirgslokalität. Detaillierte mikrometeorologische Arbeit ist daher eines der wichtigsten Forschungsdesiderata. Immerhin ist in Tirol, einerseits zwecks Erarbeitung von Grundlagenwissen zur Hebung der aktuellen Waldgrenze zur Vermeidung von Lawinen und Murkatastrophen, sowie im Rahmen des IBP an einigen Intensivstationen bis 3200 m Höhe ein enormes Datenmaterial erarbeitet worden. Jedoch kann auch der Amateur hier Wesentliches beitragen. Wir haben gesehen, wie entscheidend die komplex verursachte, von Ort zu Ort verschiedene Mächtigkeit der Winterschneedecke den Temperatur- und Wasserhaushalt der Einzellokalitäten, ihre Bodenbildung und Vegetationsausprägung beeinflusst. Die Kenntnis der kartierbaren Linien gleicher Schneebedeckungsdauer, der Isochionen, ist also für das Gesamtgeschehen sehr indikativ. Sie ist erlangbar durch die Verfolgung des Ausaperungsverlaufes, der Jahr für Jahr dieselben Konfigurationen ins Gelände schreibt, wobei lediglich die Zeitlage des Eintreffens der jeweiligen Konfiguration vom Witterungscharakter abhängt. Das Fotografieren jenes Landschaftsausschnittes, der für eine ökologische Intensivstudie an Hochgebirgsinsekten ausgewählt wurde, in regelmäßigen Intervallen vom selben Standort aus (am besten vom Gegenhang, wenn er lawinensicher zugänglich ist!), würde die gewünschten Unterlagen liefern. Der Andauer sogenannter perennierender Firnflächen wäre dabei besonderes Augenmerk zu widmen, um nach deren Verschwinden unverzüglich festhalten zu können, welche Organismen eine jahrelange Schneebedeckung noch überdauern können (vgl. das über *Ranunculus glacialis* Gesagte).

Zu 8. Biologie und Ökophysiologie der Einzelarten:

Der Wunschtraum "alles von allem zu wissen" ist sicher völlig unreal. Andererseits ist es aber doch überraschend, wie geradezu dürftig das Faktenmaterial über die Biologie von Hochgebirgsinsekten (und nicht nur dieser, abgesehen von Nützlingen und Schädlingen) ist, auch in den als gut untersucht angesehenen Ordnungen. Auch sind nicht wenige Angaben rein spekulativ oder einfach nur Ungereimtheiten. So steht z.B. in einem vor wenigen Jahren erschienen 527 Seiten starken Buch über die Ökologie und Biogeographie von Hochgebirgsinsekten (25) als erster Satz im Kapitel Kaltstenothermie: "The greatest bulk of the high altitude insects are characterized by their pronounced cold stenothermy"; nur als Gegenbeispiel, welche andere Einzelmöglichkeit verwirklicht sein kann: eine von mir exptl. geprüfte Collembolenart aus einem Gebiet der Hochantarktis, das -4.2° als Lufttemperaturmittel des wärmsten Monats hat und damit noch zur sog. "Bananenküste" gehört, zeigte ein Präferendum von $+11^{\circ}\text{C}$, Normalverhalten bis etwa $+18^{\circ}\text{C}$ und ertrug kurzzeitig Temperaturen bis über $+30^{\circ}\text{C}$ (14).

Auf der nächsten Seite des obzit. Werkes wird auf Kaltstenothermie geschlossen, weil die Tiere, es handelt sich um wasserlebende Larven von Eintagsfliegen, Uferfliegen und Dipteren, "are killed by a few minutes exposure even to the warmth of the human hand". Es erübrigt sich, dazu etwas zu sagen!

Die Beschaffung von Informationen über die Biologie weitesten Sinnes der im Hochgebirge lebenden Insekten ist daher geradezu ein kardinales Zentralproblem von größter Ak-

tualität und wissenschaftlicher Bedeutung, nicht nur, weil diese enormen Kenntnislücken bestehen, sondern vor allem auch, weil das Ausmaß des Gelingens der Analyse eines Ökosystems wesentlich davon abhängt, wie weit die Analyse der Biologie bzw. Ökophysiologie der einzelnen Arten, zumindest der Dominanten, vorangetrieben werden kann. Abgesehen von der "Weckung schlummernder Information", über die wir schon sprachen, gilt es vor allem auch, das Interesse möglichst Vieler zur Befassung mit derlei Studien anzuregen. Die Ökophysiologie soll dabei hier nur angetönt werden, weil diese Arbeit im wesentlichen von Instituten zu leisten sein wird.

Hier möchte ich nur mit Schlagworten einiges aufzeigen, was der Amateur ohne apparativen Aufwand erarbeiten könnte, wobei vor allem zu beachten ist, daß die einzelnen Entwicklungsstadien wegen ihrer im allgemeinen verschiedenen ökologischen Wertigkeit primär gleichrangiges Interesse verdienen. Freilandbeobachtungen sollten möglichst durch Zuchten unter kontrollierten Bedingungen (die außerdem variiert werden sollten) ergänzt werden. Eiablageorte; Umbildungen der Legeapparate zur Ablage an verstecktem Ort (wie z.B. die extreme Verlängerung des Ovipositors bei Machiliden spp. aus Hochlagen); Eizahl pro Gelege; Zahl der Gelege pro Weibchen; Eigroßen (Vorteil eines größeren Nahrungsvorrates, wenn die Zeit für Larvenwachstum kurz, oder Nahrung spärlich ist); Ovoviviparie, Viviparie bzw. Brutfürsorge und Brutpflege; Dauer der einzelnen Stadien in Abhängigkeit von Umgebungsparametern. Die zur Feststellung der Temperaturabhängigkeit der Entwicklung nötige Ermittlung der Thermalkonstante ist einigermaßen aufwendig. Jedoch sollte die Ermittlung des Entwicklungsnullpunktes, jener artspezifischen (z.T. auch stadienspezifischen) Temperatur, ab der die Entwicklung erst anläuft, möglich sein. Beobachtungen über eine Entwicklungsruhe irgend einer Form in irgend einem Stadium (s.u.); Zeitlage der ersten Eiablage nach der letzten Häutung (Präovipositionszeit), wobei an eine mögliche Eireifung noch in der Puppenhülle vor dem Schlüpfen zu denken ist (was eine volle Ausnutzung der kurzen Wachstumsperiode ermöglichen würde). Geschlechterverhältnis, Seltenwerden bis Fehlen der ♂♂ (Parthenogenese); bei sozialen Hymenopteren, wie Hummeln, Zahlenverhältnis ♀♀:♂♂. Lebensorte aller Stadien; Anzahl der Generationen; Art und Ort der Überwinterung in welchem Stadium (Stadien); Nahrungsspektrum aller nahrungsaufnehmender Stadien und bezügliche Lebensform, z.B. Minieren, Detritus- und/oder Pilzfraß im Boden, in der Sträu; eventuell fehlende Nahrungsaufnahme der Imago; Gewicht der aufgenommenen Nahrung und der Faeces, sowie Gewichtszuwachs in der Zeit, als erster Anhalt für Produktionsschätzungen, die bei einem Einzelindividuum leicht, bei gemischten Populationen schwierig sind. Bei verlängerter Entwicklungsdauer durch mehrmaliges Überwintern (an sich schon wichtig!) Frage nach der maximalen Gesamtdauer; Altersaufbau der Populationen bei ineinandergeschachtelten Generationen.

Bei Hochgebirgsinsekten an Extremstandorten stellt sich die Frage nach dem möglichen Vorkommen von Cryptobiose (= Anabiose olim; Leben ohne nachweisbaren Energieverbrauch), was bei Eiern und Larvenstadien nicht auszuschließen ist, denn Cryptobiose ist bereits bei einigen Insekten nachgewiesen. So können die Eier der afrikanischen Heuschrecke *Locustana pardalina* 3.5 Jahre völliger Austrocknung überstehen, und die Larven der Zuckmücke *Polypedilum vanderplanki*, die in leicht austrocknenden Felstümpeln

(Lithotelmen) in Westafrika brütet, ertragen im ausgetrockneten Zustand eine Temperatur von -270°C und wenigstens 1 Minute bei $+102$ bis 104°C .

Bei Hochgebirgsinsekten kommen wahrscheinlich sehr verschiedene Formen einer Dormanz, einer Entwicklungsruhe, vor, sei es als Quieszenz, die keine besonderen physiologischen Mechanismen braucht, und bei Eintritt ungünstiger Bedingungen, z.B. niedriger Temperatur, jederzeit eintreten kann und beim Vorhandensein günstiger Bedingungen endet (etwa im Winter an aperen Stellen bei günstigem Wetter), oder als fakultative oder obligatorische Diapause, die auf bestimmte Stadien beschränkt ist und spezifische physiologische Mechanismen erfordert. Im allgemeinen ist mit derlei ein Anstieg der Resistenz, z.B. gegen niedrige Temperaturen verbunden, was das Überdauern von Perioden mit niedriger Temperatur erleichtert. Dabei kann eine Diapause durch eine thermale Quieszenz zufolge ungünstiger Temperaturen schadlos stark verlängert werden. Raupen von *Pyrausta nubilalis* können so in Quieszenz bis zu 1.5 Jahren (540 Tage) verharren und sich danach noch verpuppen. Mit alledem stehen den Hochgebirgsinsekten vielerlei Möglichkeiten der Überwinterung in einem resistenten Stadium zu: Verfügung. Auf die verschiedenen Mechanismen kann hier nicht eingegangen werden.

Ganz allgemein sind erwünscht Informationen über Resistenzen gegen Kälte (viele Insekten überstehen regelrechtes Gefrieren), und Wärme (an dunklen Barflecken kann im Hochgebirge mit Bodenoberflächentemperaturen gerechnet werden, die heißen Wüsten entsprechen), gegen Austrocknung (Windrücken) und gegen Überschwemmung (in Schneetälchen), sowie saisonale Änderungen von Resistenzen, etwa der Kälteresistenz, die eine Aufrechterhaltung der Körperfunktionen auch noch bei niedrigen Temperaturen ermöglicht, bis zur Ausbildung von Frosthärte durch verschiedene physiologische Mechanismen – alles natürlich Phänomene, die keinesfalls auf das Hochgebirge beschränkt sind (z.B. Spätherbst- und Winterinsekten in Niederungen) (cf. 30, dort weitere Literatur).

Daß es kaltstenotherme Spezialisten gibt, mit voller Aktivität bei niedrigen Temperaturen, sogar unter 0° , sei an einem Beispiel gezeigt:

Die Stoffwechselaktivität (gemessen am Sauerstoffverbrauch pro Gramm Körpergewicht und Stunde) ist beim Alpengletscherfloh noch bei -2.5°C höher als jene der Population einer Springschwanzart aus einem Laubwald des europäischen Tieflandes (bei $+20^{\circ}\text{C}$), und von derselben Größenordnung wie jene einer wesentlich kälteresistenteren Moosart vom nördlichsten Kap von Südviktorialand in der Antarktis. Unser Alpengletscherfloh ist also ein Beispiel eines "Spezialisten", dessen Ansprüche und Toleranzen (wie nicht angeführt) seiner extremen Umwelt entsprechen.



Art	Herkunft	Stoffwechselrate (mm ³ O ₂ · g ⁻¹ · h ⁻¹)	Umgebungs- temperatur (°C)	Autor
<i>Isotoma saltans</i>	Hochalpen	920	-2.5	SCHALLER und ZINKLER, 1963
	Firn, Eis	2500	+9.0	
<i>I. klavstadi</i>	Cape Hallett	400	-4.0*)	STRONG et alii, 1970
	Moos	4500	+18.0	
<i>Orchesella fla- vescens</i>	N-Deutshl. Laubwald	530	+20.0	ZINKLER, 1966

*) Untersuchung bei noch tieferen Temperaturen war apparativ nicht möglich.

Auf Regulationen, die auch Insekten eine gewisse Konstanzhaltung von Körpertemperatur und -wassergehalt innerhalb einer Bandbreite verschiedener (auch saisonal wechselnder) Lage ermöglichen sollten, kann ebenso wenig eingegangen werden, wie auf vielleicht im Dienste einer Ionenregulation stehende Größenänderungen der Abdominalanhänge von Zuckmückenlarven in gewissen Böden des Tiroler Hochgebirges.

Jedoch sei nochmals angemerkt, daß der Stoffwechsel ruhender Stadien sehr stark abnehmen kann, was das Überleben ungünstiger Perioden ermöglicht: die Nahrungsreserven von Zuckmückenlarven, die in durchfrierenden Tümpeln bei Pt. Barrow, Alaska, überwintern, würden bei 0°C für 10 Tage reichen; sie würden es dem Insekt ermöglichen, bei -23°C 1000 Jahre zu überleben! (6). Damit werden die wiederholten, allerdings noch für kein Insekt bestätigten, Berichte eines vieljährigen Überlebens von Organismen im Dauerfrostboden oder unterhalb von Schneefeldern glaubhaft (2,3,6,18,19). Unlängst erst (Ende Feber) gingen Berichte durch die Tagespresse, daß japanische Bakteriologen in Böden der Antarktis noch leuende, mehrere Tausend Jahre alten Sporen anaerober Bakterien entdeckt hätten (Tiroler Tageszeitung 22.2.1974).

Unter den biotischen Faktoren, welche die Mortalität beeinflussen, wären festzustellen: Feinde (Parasiten, Räuber) und Krankheiten (z.B. Pilzbefall); inner- und zwischenartliche Konkurrenz unter Beachtung möglicher Konkurrenzänderungen in verschiedenen extremen Habitaten, korreliert etwa mit Änderungen von Dichte und Diversität der Populationen, des Nahrungsangebots, der Anzahl der für die verschiedenen Aktivitäten geeigneten Mikrohabitate usw. — Blütenökologische Beziehungen, wie Spektrum der zu Nahrungserwerb und anderen Aktivitäten (wie Geschlechterfindung, Sich-Sonnen) besuchten Blüten, höhenstufenmäßige Änderungen im Nektarangebot und in dessen Zuckerkonzentration unter dem Gesichtspunkt einer im Extrem möglichen Konkurrenz der Blüten um die Besucher am Extremstandort.

Innerhalb des Verhaltensinventars ist die Feststellung von Inaktivierungstemperaturen, bei denen also eine Kältestarre einsetzt, wichtig. Dies ist nicht zu verwechseln mit der erwähnten Quieszenz, einem Entwicklungsstillstand. Ein solcher ist nicht notwendigerweise

mit einer Immobilisierung verbunden. Ist die Quieszenz durch eine tiefe Temperatur hervorgerufen, so wird diese im allgemeinen aber auch gleichzeitig eine Kältestarre bewirken. Weiters die Abschätzung von Vorzugsbereichen der Temperatur, Feuchte, Unterlage, sowie der Diät, was mit "Orgelexperimenten" und Nahrungswahlversuchen relativ unschwierig durchführbar ist.

Über das Verhalten wird ganz allgemein eine Optimierung der Erhaltung des Fließgleichgewichtes im Organismus, der ja (außer in Cryptobiose) ein offenes System ist, angestrebt. Es dient damit der Populationserhaltung. Neben dem Fortpflanzungs- und Ernährungsverhalten ist vor allem die Beobachtung von Verhaltensweisen wichtig, die ein Ausweichen vor, bzw. Meiden von ungünstigen Umweltphasen ermöglichen und damit kompensatorisch wirken (Verhaltensregulationen des Wärme- und Wasserhaushalts): Sie können saisonal sein, wie z.B. Aufsuchen von geschützten Winterquartieren, wo Lataltemperaturen nur ausnahmsweise auftreten, etwa in größeren Bodentiefen (Hochgebirgsameisen), was i.a. saisonale Vertikalmigrationen am Standort impliziert, oder diurnal, tageszeitlich, als Einpassung und Anpassung aller Aktivitäten, nicht nur der Flugaktivität, in den Tagesgang von Licht und Temperatur, wobei die Licht- und/oder Temperaturschwellen, oder auch eine Korrelation mit dem Tagesgang der relativen Feuchte zu beachten wären, und die vielen möglichen Typen der Verteilung von Aktivitäten über die 24 Stunden (21). Daß es auch im Hochgebirge Nachtaktivität gibt, weiß jeder Schmetterlingssammler; jedoch sollten sich gezielte Untersuchungen auf andere Ordnungen ausdehnen und die Larvenstadien einbeziehen. Aktivitäten um und unter null Grad wären besonders zu beachten; sie sind sicher häufiger als angenommen. Schwarmflüge zur Geschlechterfindung und Kopula, oder Kopula ohne Schwarmflug am Boden; Vertikale Kleinmigrationen am Standort vom Bewuchs bis in den Boden entsprechend dem Tagesgang der Umweltparameter. Eine Feststellung des Umkreises, der Distanzen, über die sich tägliche Aktivitäten erstrecken, mittels der Fang- und Wiederfangmethode markierter Tiere ergäbe zugleich Aussagen über ein Revierverhalten und eine eventuelle Rückkehr zu stets demselben Ruheplatz. Beachtung kurzzeitiger Aktivitätswechsel in Antwort auf Oszillationen von Umgebungsparametern, wie Aufsuchen von Schlupfwinkeln bei vorübergehender Sonnenbedeckung durch Wolken, wodurch das Insekt die volle Wirkung der Umgebungskälte erfährt; andererseits "Sich-Sonnen" an erwärmten Unterlagen, z.B. Schmetterlinge und Fliegen an Felsen, auch in Blütenkelchen mit ihrer höheren Mikrotemperatur; Aussetzen von Flugaktivität bei Aufkommen von Wind, oder überhaupt reduzierte Flugaktivität bei erhaltener Flugfähigkeit, ev. geschlechtsverschieden, bis zu alleiniger Fortbewegung auf der Unterlage. Bei ♀♀ von *Machilis fuscistylis* beobachtete ich einmal an einem windigen Blockgrat der Kryptogamenstufe in den Zentralalpen ein dicht gedrängtes Nebeneinandersitzen, was ich als soziale Wärmeregulation deutete. Auch an derlei wäre also zu denken. Bei alledem ist an verschiedenes Verhalten, z.B. verschiedene Vorzugstemperaturen, der Stadien zu denken, und dem Rechnung zu tragen.

Beobachtungen von Insektenmigrationen im Hochgebirge sind aus allen flugfähigen Ordnungen und Familien erwünscht, 1. zur Klärung des Anteils eigentlicher Hochgebirgsinsekten an derlei Migrationen, 2. zur Feststellung aktiver Dispersionen und passiver Ver-

frachtungen von Hochgebirgsinsekten, was populationsgenetisch und tiergeographisch wissenschaftlich ist, und 3. zur Feststellung des Ausmaßes an "Anflugnahrung", die durch Migration und Aufwinddrift in Form eines Niederschlages an organischer Substanz in der Nivalstufe die dortige dürrtätige autochthone Nahrungsgrundlage ergänzen kann (vgl. das früher über die "Äolische Stufe" Gesagte).

Zu 9. Vermeerung von Fakten, um eine vertieftere Beurteilung von Phänomenen zu ermöglichen, die als Anpassungen an das Leben im Hochgebirge angesehen werden, oder nach Befunden aus der Hocharktis möglich sind:

Dazu werden helfen Vergleiche von Populationen derselben Art, sowie von verwandten Arten, u.U. auch Vergleiche von höheren Taxonen, aus Lokalitäten zunehmender Umwelthärte (ideal an einem Höhentransekt von Niederungen bis zu Hochgipfeln) hinsichtlich von genetisch fixiertem, starrem und/oder fakultativen, modifikatorischen Änderungen in Verhalten, Biologie, Morphologie usw.

Anknüpfend an meine eingangs gebrachte, mehr humoristisch gemeinte, Idealdefinition eines Hochgebirgsinsekts wären es etwa folgende Gesichtspunkte: Zunehmender Übergang zum Leben im Bollen, in Korrelation mit dem mit der Meereshöhe zunehmenden Überschuß der Bodentemperatur über die Lufttemperatur (wobei beide natürlich absolut niedriger werden!), gleichzeitige Abnahme des Atmobios und des Euedaphon, also der Formen des Bewuchses und der eigentlichen Bodentiere, korreliert mit der Reduktion der Vegetation und der Vereinfachung des Bodenprofils bis zum im Extrem humusleeren Boden ohne sichtbaren Pflanzenwuchs; damit Konzentration des Tierlebens im Extrem zu einem endoperischen Einschichtverein wenig unter der Bodenoberfläche. Übergang von Nachtaktivität aller Art normal nachtaktiver Formengruppen zur Tagaktivität, bzw. Ablösung einer photoperiodisch gesteuerten diurnalen und auch saisonalen Aktivitätsshythmik durch opportunistische Antworten auf günstige Phasen des hydrothermalen Regimes der Umgebung, was auch Winteraktivitäten im Hochgebirge impliziert. Einpassung der Entwicklungszyklen in die zunehmend verkürzte Apherzeit = Wachstumsperiode durch Änderung der Form der Entwicklungsruhe, wobei zu erwarten wäre, daß die starre obligatorische Diapause zunehmend durch fakultative Diapauseformen abgelöst wird, bis schließlich zur Quieszenz, die ohne besondere physiologische Mechanismen in jedem Stadium durch Umweltfaktoren auslösbar und beendbar ist.

Bei Gruppen mit wasserlebenden Stadien: Einpassung des Entwicklungszyklus in andere Phasenwechsel, wie in die saisonal stark verschiedene Wasserfüllung von Bächen; so konnte ich eine Einpassung von Himalaya-Trichopteren in den Monsunzyklus der Bäche beobachten (unveröff.). Eine Abnahme des Schwärmverhaltens (zufolge Luftkälte und Wind) wäre an Chironomiden, Culiciden, Empididen und anderen zu kontrollieren, sowie ein Übergang von Kopula im Schwarmflug zur Kopula am Boden, korreliert mit Reduktionen der Flügel, und, beim Männchen, von Sinnesorganen, die die Weibchenfindung im Schwarmflug sonst erleichtern, und korreliert mit einer Vergrößerung des männlichen Kopulationsapparates; in weiterer Abfolge dieses gesamten, an diversen Mückenfamilien in der Arktis festgestellten Entwicklungstrends (5,6), der den Schwierigkeiten der Geschlech-

terfindung entgegen, Übergang zu Parthenogenese und Ausbildung von Polyploidien mit den entsprechenden genetischen Konsequenzen. Bei blutsaugenden Mücken Aufgabe der normal zur Eireifung nötigen Blutmahlzeit und Übergang zur Autogenie, zur Eireifung mittels des im Larvenleben gespeicherten Vorrats, im Extrem (Hocharktis) verbunden mit Vorverlegung der Eireifung vor das Schlüpfen aus der Puppenhülle, ev. korreliert mit Verlust des Stechvermögens durch Umbildung der Mundteile (5,6). Abnahme der Flugaktivität bei zunächst voll erhaltener Flugfähigkeit bis zum völligen Schwund der Flügel, wiederum korreliert mit einer zunehmenden Terrikolie der Faunation. Das Faktum ist gesichert; Zahlenangaben fehlen aber für viele Gruppen oder sind unzuverlässig. So nimmt MANI (25) für den NW-Himalaya, in dem er selbst geforscht hat, 100 % flugunfähige Staphyliniden an, wogegen in meinem Material vom Mt. Everest-Gebiet in den Höhen oberhalb der degradierten Waldgrenze unter den 29 dort erbeuteten spp. 15 normal sind, $8 \pm$ starke Flügelreduktionen und 6 keine Flügel haben. Flugfähige und -unfähige Arten halten sich also mit 51.7 % zu 48.3 % etwa die Waage. Die Reduktionen verteilen sich auf 8 Gattungen (3 neu), bei 7 spp. sind auch die Augen \pm stark reduziert, was auch von verwandten Käfern aus den Alpen bekannt ist (SCHEERPELTZ, in Druck).

Weiters: Änderung der Lebenszyklen in Entsprechung der Reduktion von Wachstumszeit und Wärmeangebot, durch a) Vereinfachung der Zyklen, wie Übergang von Pluzi- zu Univoltinismus, bei Blattläusen auch durch Ausfall des Winterwirts und eventuell Übergang auf andere Sommerwirte (Pemphigiden an Moosen in Tirol) (11,13), sowie Auftreten von Anholozyklie (Ausfall von Teilen des Generationswechsels), oder b) durch Verlängerung des Entwicklungszyklus, oft über Jahre hinaus (wieviele? ?), also oftmaliges (wie oft?) Überwintern. Damit verknüpft ist die Frage nach der tolerierten Aperaturverkürzung, bzw. der noch überlebenden Maximalandauer der Schneebedeckung des nicht mehr alljährlich ausaparenden Lebensortes.

Verknüpft mit derlei kann ein Übergang von synchronen Populationen zu solchen mit kompliziertem Altersaufbau sein (bei winteraktiv bleibenden Collembolen z.B. die Regel) (z.B. 15), oder zu Aspektwechseln mit mehrjährigen Phasen führen. Zunahme von Verdunklung (Melanismus) und der Behaarung (Beborstung) bei Formen der Oberfläche und des Bewuchses! Bei Bodenformen andererseits teilweises Auftreten von höhlentieranalogen Reduktionen der Pigmentierung (sowie der Augen und Flügel) (*Leptusa*, Lycoriiden). Die biologische Bedeutung des Hochgebirgsmelanismus zu diskutieren ist hier nicht der Platz. Im einen Fall wird die Wärmegewinntheorie, im anderen die UV-Schutztrachttheorie den Vorzug haben. Ein Selektionsvorteil als Schutz vor Raubfeinden (Vögel?) wäre erst zu prüfen und wurde meines Wissens im Hochgebirge noch nicht in Erwägung gezogen. In der Arktis und in den Alpen wurde bei Schmetterlingen eine "Verarmung des Habitus" durch Abnahme der Schuppendichte und Auflösung von Färbungs- und Zeichnungselementen beobachtet. Dieses, wie Melanismus u.a., tritt allerdings auch bei Frühjahrs- und Spätherbstfliegern tieferer Lagen auf (BURMANN inl.), ebenso wie Bruchypterie und Nichtflug. Die Kausalität von alledem ist offen.

Änderung der Diät: Vertikaler Futterpflanzenwechsel bzw. Übergang von Mono- zu Polyphagie und relative Zunahme der Moos-, Flechten- und Pilzfresser, und Detritophaga

gen (von Pilzfressern schwer zu differenzieren!); Abnahme der von Blütenpflanzen lebenden Arten; bei Gruppen, die als räuberisch gelten (Carabiden z.B.) Omnivorie, Aufnahme auch pflanzlicher Nahrung.

Ein altes Problem von zentraler Bedeutung ist der "Nanismus", die Verzweigung der Faunation durch Abnahme der Körpergröße a) innerhalb der Art mit zunehmender Höhe und b) durch Dominantwerden von Arten und höheren Taxonen bis zur Alleinherrschaft im Extrembereich. Aufgrund meiner langjährigen Erfahrung in Hochgebirgen mit Jahreszeitenklima, und im südpolaren Hochgebirge, stellte ich die These der größeren Pionierfähigkeit kleinerer Formen (innerhalb desselben Verwandtschaftskreises) als allgemeine Regel auf, und sprach die Vermutung aus, daß, ungeachtet der Komplexität des Phänomens, kleineren Formen durch eine relativ raschere Entwicklung bis zum Erreichen einer überwinterungsfähigen Stadiums die Einpassung in eine immer kürzere Vegetationszeit mit einer verringerten Wärmesumme leichter falle (16,17).

Eine genauere Durchmusterung aller im Hochgebirge vertretenen Insekten-Gruppen auf die Gültigkeit dieser Regel, und auf Abweichungen, die zu erklären wären, steht noch aus, ebenso wie die Feststellung von Entwicklungsdauern von Hochgebirgstieren in Abhängigkeit von ihren Umgebungstemperaturen. Zwar sind die allgemeinphysiologischen Beziehungen zwischen Körpergröße, ausgedrückt als Oberfläche, Lebend- oder Trockengewicht, einerseits, und Stoffwechselfparametern, wie Nahrungsaufnahme und Stoffwechsel (gemessen am O_2 -Verbrauch) andererseits durch viele Laboruntersuchungen so weit bekannt, daß sie formal mathematisch ausdrückbar sind: Die Stoffwechselfparameter sind proportional einer Exponentialfunktion der Körpergröße. Auf den Einzelorganismus bezogen, steigen Nahrungsverbrauch und Ruhestoffwechsel mit zunehmendem Körpergewicht exponentiell an. (Der Exponentialfaktor [b] ist dabei intermediär zwischen Werten, die einer Gewichtsproportionalität [$b = 1$] und einer Körperoberflächenfunktion [$b = 2/3 = 0.6$] entsprechen). Andererseits neigen die auf die Einheit der Körpergröße bezogenen Stoffwechselraten (O_2 -Verbrauch pro Gramm Körpergewicht und Stunde) dazu, mit zunehmender Körpergröße abzunehmen (31). Der Exponentialfaktor ist dann negativ.

Der Nutzeffekt der Stoffwechselenergie nimmt also, wie sich z.B. FLOREY (8) ausdrückt, mit abnehmender Körpergröße zu, kleinere Tiere sollten rascher wachsen als große (s.a. 32). Da artspezifische Unterschiede bestehen, und Temperatureinflüsse eine Rolle spielen, sind Untersuchungen an Hochgebirgsformen unter den Bedingungen ihres Lebensraumes erwünscht.

Ebenso noch zu analysieren ist das wirkliche Ausmaß an Kaltstenothermie und Hygrophilie bei Hochgebirgsinsekten, und die möglichen Änderungen des Prozentanteiles der verschiedenen ökologischen Typen in den verschiedenen Höhenstufen. Daß dabei auf Aktivitätsschwellen \pm weit unter $0^\circ C$, und Vorzugstemperaturen nahe 0° , und auf mögliche Cryptobiosen besonders zu achten wäre, wurde schon gesagt. Auch die mögliche relative Zunahme von, oder Übergang zu Viviparie, Brutpflege usw. als Erleichterung der Populationserhaltung in Extremverhältnissen ist noch zu prüfen.

Allgemeine Gesichtspunkte hinsichtlich der Fragen "Was ist ein Hochgebirgsinsekt" und "Wie wird es mit seiner harten Umwelt fertig", gibt es also genug. Die Antworten darauf sind bisher nur sehr dürftig. Fortschritte in der Hochgebirgsentomologie brauchen also immer vertiefere Analysen von alledem.

Meine Damen und Herren! Ich habe Ihre Geduld sehr lange beansprucht. Aber: Abschließend muß das in unserer Zeit wohl aktuellste Problem nochmals wenigstens kurz angetönt werden: "Der Einfluß des Menschen auf die Gebirgskosysteme!"

In unseren Talniederungen sind es besonders die Auwälder, deren letzte Reste den Autobahnbauten zum Opfer fallen, bevor sie überhaupt zoologisch genauer angesehen worden sind. Im Hochgebirge, dessen Höhenbereich bis 2000 m von P. GUT (9), geradezu als "Merkantile Zone, die sich sehr gut verkaufen läßt", bezeichnet wird, sind es vor allem die Lebensräume der Grasheidenstufe, und hier wieder die Talschlüsse mit den Gletschervorfeldern, die akut bedroht sind, wobei die Ablagerung von Müll und anderen Hinterlassenschaften der Touristen bis auf die höchsten Gipfel reichen. Schutz von Einzelarten ist sinnlos. Denn was sie bedroht, ist die Einengung und Veränderung ihres Lebensraumes, der zur Populationserhaltung eine Mindestausdehnung haben muß.

Wir müssen daher bei jedem Anlaß die Forderung nach Schutzgebieten erheben. Wenn bei uns von Nationalparks die Rede ist, so steht der Gedanke der Erschließung eines Gebietes für eine Intensivierung des Tourismus im Hintergrund. Die Wissenschaft braucht aber einerseits geschützte Areale für wissenschaftliche Untersuchungen, und zusätzliche Referenzareale, die, wie Typenexemplare von Arten, für spätere Vergleiche völlig unverändert erhalten bleiben sollten.

Die Zeit drängt. Der Archäologe kennt den Begriff der "Notgrabung"; der Denkmalschutz zunehmend den Begriff des Ensembleschutzes. Für die Erhaltung solcher Dokumentationen der Kultur steht auch Geld zur Verfügung. Die in den natürlichen Ökosystemen des Hochgebirges enthaltene Dokumentation geht sehr viel weiter zurück, ihr heutiges Sosein hat geologische Zeiträume erfordert. Sollten nicht, nach dem Verursacherprinzip, auch die Zerstörer der Hochgebirgslandschaft aufgerufen sein, bei der Auswertung dieser Dokumentation und ihrer teilweisen Sicherung eine entsprechende Hilfestellung zu leisten?

LITERATURHINWEISE

- 1) BUTENANDT, A. 1972. Grußwort an die 10. Hauptversammlung. Mitt. Verb. Deutscher Biologen, Nr. 186: 900 - 902.
- 2) CAMERON, R.E., F.A. MORELLI and H.P. CONROW, 1970. Survival of Microorganisms in Desert Soil Exposed to Five Years of Continuous Very High Vacuum. IPL Technical Report 32 - 1454. 11 pp.
- 3) CAMERON, R.E. and H.P. CONROW, 1971. Survival of Antarctic Desert Soil Bacteria Exposed to Various Temperatures and to three Years of Continuous Medium-High Vacuum. IPL Technical Report 32 - 1524. 6 pp.
- 4) CROWE, J.H. and A.F. COOPER, Jr. 1971. Cryptobiosis. Sci. Amer. 225/6: 30 - 36.
- 5) DOWNES, J.A. 1962. What is an Arctic Insect? Can. Entomologist 94, 2:143 - 162.
- 6) - " - 1965. Adaptions of Insects in the Arctic. Ann. Rev. Entomol. 10:257 - 274.
- 7) ELLENBERG, H. (Hg.) 1971. Integrated Experimental Ecology. Methods and Results of Ecosystem Research in the German Solling Project. (Ecological Studies 2). Berlin/Heidelberg/N.Y., 214 pp.
- 8) FLOREY, E. 1970. Lehrbuch der Tierphysiologie. Stuttgart, 574 pp.
- 9) GUT, P. 1968. Höhenmedizin am Kilimanjaro 6010 m. In: DESCHWANDER, I.S. et al. (Hg.). Der Mensch im Klima der Alpen. Bern/Stuttgart (p. 97 - 100).
- 10) HENNIG, W. 1969. Bernsteinfossilien. n + m 6, 26: 10 - 24 (p. 24).
- 11) JANETSCHKE, H. 1949. Tierische Successionen auf hochalpinem Neuland. Innsbruck, 1949, 215 pp., 7 Taf.
- 12) - " - 1956. Das Problem der inneralpinen Eiszeitüberdauerung durch Tiere. Ein Beitrag zur Geschichte der Nivalfauna. Österr. Zool. Zeitschr. 6:421 - 506.
- 13) - " - 1958. Über die tierische Wiederbesiedlung im Hornkees-Vorfeld (Zillertaler Alpen). Schlern-Schr. 188:209 - 246.
- 14) - " - 1967. Arthropod Ecology of South Victoria Land. Antarctic Res. Ser. 10:205 - 293.
- 15) - " - 1967. Growth and Maturity of the Springtail, Gomphiocephalus Hodgsoni Carpenter, from South Victoria Land and Ross Island. Ebenda: 295 - 305.
- 16) - " - 1970. Environments and Ecology of Terrestrial Arthropods in the High Antarctic. In: M.W. Holdgate (Ed.): Antarctic Ecology vol. 2, London/N.Y. (p. 871 - 885).
- 17) - " - 1973. Hochgebirge. In: GRZIMEK'S Tierleben, Erg. Bd. "Unsere Umwelt als Lebensraum". Zürich 1973: 184 - 200.
- 18) KAPTEREW, P.N. 1936. Experiments in the revitalization of organisms from the permanently frozen subsoil. Doklady Akad. Nauk SSSR n.s. 3 (98):137 - 140.
- 19) - " - 1938. New data on the revival of organisms from permafrost ground. Doklady Akad. Nauk SSSR n.s. 20.
- 20) LARCHER, W., A. CERNUSCA u. L. SCHMIDT, 1973. Stoffproduktion und Energiebilanz in Zwergstrauchbeständen auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. In: H. ELLENBERG (Hg.): Ökosystemforschung. Berlin/Heidelberg/N.Y. (p. 175 - 194).
- 21) LEWIS, T. and L.R. TAYLOR, 1965. Diurnal periodicity of flight by insects. Trans. R. Entomol. Soc. London 116, 15:393 - 479.
- 22) LIETH, H. 1974. Basis und Grenze für die Menschheitsentwicklung. Stoffproduktion der Pflanzen. Umschau 74, 6:169 - 174.
- 23) LINDROTH, C.H. 1973. Systematics specialiaes between Fabricius and Darwin! 1800 - 1859. In: Smith, R.F. et al. (Hg.). History of Entomology. Palo Alto, Calif. (p. 119 - 154).
- 24) MANI, M.S. 1962. Introduction to High Altitude Entomology. London 1962, 302 pp.
- 25) - " - 1968. Ecology and Biogeography of High Altitude Insects. The Hague, 1968, 527 pp.
- 26) MOSER, W. 1973. Licht, Temperatur und Photosynthese an der Station "Hoher Nebelkogel" (3184 m). In: H. ELLENBERG (Hg.): Ökosystemforschung. Berlin/Heidelberg/N.Y. (p. 203 - 223).

- 27) PECHLANER, R., G. BRETSCHKO, P. GOLLMANN, H. PFEIFFER, M. TILZER u. H.P. WEISSENBACH, 1973. Das Ökosystem Vorderer Finstertaler See. In: H. ELLFENBERG (Hg.): Ökosystemforschung. Berlin/Heidelberg/N.Y. (p. 33 - 49).
- 28) PETRUSEWICZ, K. and A. MACFADYEN, 1970. Productivity of Terrestrial Animals. Principles and Methods. IBP Handbook no. 13. Oxford/Edinburgh 1970, 190 pp.
- 29) PHILLIPSON, J. 1971. Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow. IBP Handbook no. 18. Oxford/Edinburgh/London/Melbourne 1971, 297 pp.
- 30) PRECHT, H.J. CHRISTOPHERSEN, H. HENSEL u. W. LARCHER (Hg.) 1973. Temperature and Life. Berlin/Heidelberg/N.Y., 779 pp.
- 31) REICHLE, D.E. 1968. Relation of Body Size to Food Intake, Oxygen Consumption, and Trace Element Metabolism in Forest Floor Arthropods. Ecology 49, 3:538 - 542.
- 32) REICHLE, D.E. (Hg.) 1970. Analysis of Temperate Forest Ecosystems (Ecological Studies 1). Berlin/Heidelberg/N.Y., 304 pp.
- 33) REISIGL, H. 1970. Die Pflanzenwelt der Alpen. In: Die Welt der Alpen. Innsbruck/Frankfurt (p. 67 - 119).
- 34) SCHMÖLZER, K. 1953. Die Kartierung von Tiergemeinschaften in der Biozoenotik. Österr. Zool. Zeitschr. 4:356 - 362.
- 35) - " - 1962. Die Kleintierwelt der Nunatakker als Zeugen einer Eiszeitüberdauerung. Ein Beitrag zum Problem der Prä- und Interglacialrelikte auf alpinen Nunatakkern. Mitt. Zool. Mus. Berlin 38, 2:171 - 400.
- 36) STEUBING, L., C. KUNZE u. J. JÄGER (Hg.) 1972. Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen. Augsburg 1972, 246 pp.
- 37) SWAN, L.W. 1961. The Ecology of the High Himalayas. Sci. Amer. 205, 4:68 - 78.
- 38) - " - 1963. Ecology of the Heights. Nat. History, April 1963: 22 - 29.
- 39) TROLL, C. 1941. Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. In: Bericht d. 23. Hauptvslg. Ges. v. Freunden u. Förderern d. Univ. Bonn, p. 49 - 96.
- 40) - " - 1955. Über das Wesen der Hochgebirgsnatur. Jahrb. Dt. Alpenver. 80:142 - 157.
- 41) WALTER, H. 1970. Vegetationszonen und Klima. Stuttgart 1970, 244 pp.
- 42) WEBSTER, G.L. 1961. The Altitudinal Limits of Vascular Plants. Ecology 42, 3:587 - 590.

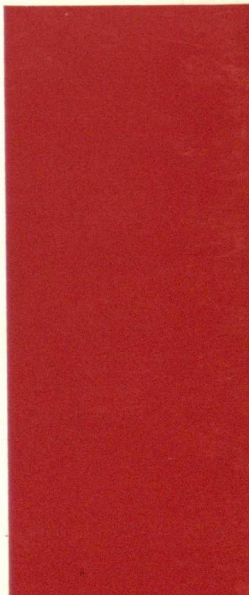
Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Mag. Dr. Heinz Janetschek
Institut für Zoologie
Universitätsstraße 4
A-6020 Innsbruck

Bisher im Druck erschienen:

ALPIN-BIOLOGISCHE STUDIEN

geleitet von Heinz Janetschek

- II. Jochimsen Maren, Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit von einigen Umweltfaktoren. 1970, 22 S., 2 Mehrfarbenkarten, Tab., brosch.
- III. Heiss Ernst, Zur Heteropterenfauna Nordtirols - I: Wasserwanzen (Corixidae-Hydrometridae). 1969, 28 S., 1 Karte, brosch.
- IV. Heiss Ernst, Nachtrag zur Käferfauna Nordtirols. 1971, 180 S., 1 Kunstdruckbeilage, brosch.
- V. Olert Jürgen, Cytologisch-morphologische Untersuchungen an der Waldspitzmaus (*Sorex araneus* LINNE 1758) und der Schabrackenspitzmaus (*Sorex gemellus* OTT 1968). (*Mammalia-Insectivora*). 1973, 76 S., brosch.
- VI Janetschek Heinz, Aktuelle Probleme der Hochgebirgsentomologie. 1974, 23 S., brosch.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen der Universität Innsbruck - Alpin-Biologische Studien](#)

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Janetschek Heinz

Artikel/Article: [AKTUELLE PROBLEME DER HOCHGEBIRGSENTOMOLOGIE
1-23](#)