

Weltweite Vielfalt der Bäume

Es ist ein Paradoxon der Naturwissenschaften, dass wir recht genau die Entfernung von der Erde zum Mond oder die Zahl der menschlichen Gene beziffern können, aber nicht näherungsweise wissen, wie viele Arten von Lebewesen mit uns zusammen diesen Globus bevölkern. Die Schätzungen der biologischen Systematiker reichen von 2,5 Millionen bis zu 100 Millionen Arten an Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen; Zahlen zwischen 12,5 und 30 Millionen Arten kommen der Realität vermutlich am nächsten. Unser Planet ist also von einem Millionenheer von Organismen bewohnt, die noch kein Wissenschaftler je zu Gesicht bekommen hat und deren Funktion im Naturhaushalt völlig im Dunkeln liegt. Viele dieser Schöpfungen werden im Zuge der menschlichen Expansion von der Erdoberfläche verschwinden, als namenlose Arten ausgerottet sein, ohne dass von ihnen überhaupt ein Lebenszeichen vernommen wurde.

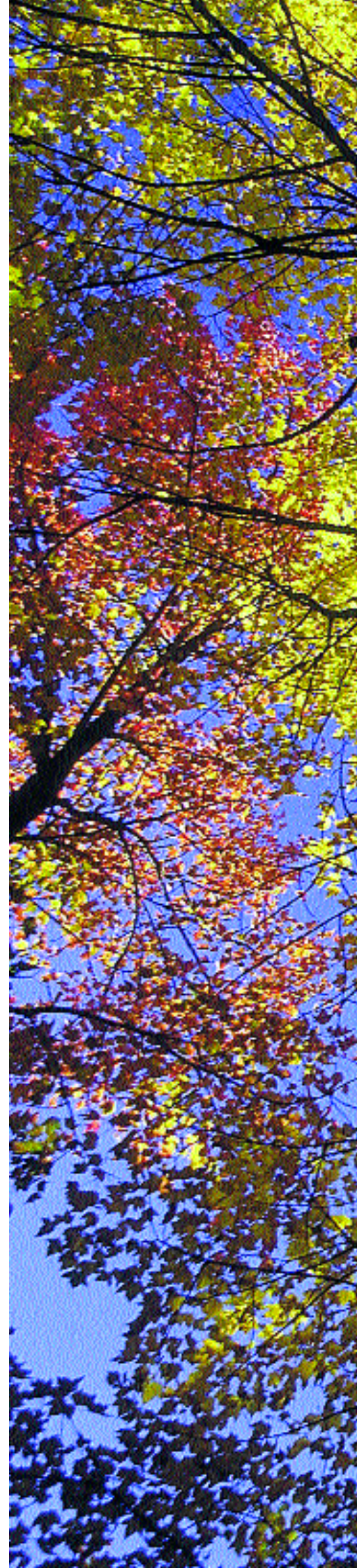
Lebensraum Baumkrone: Schatzkiste der Biodiversität

Christoph Leuschner

Die moderne Biodiversitätsforschung hat auf der Erde drei Lebensräume als herausragende »weiße Flecken« auf der Karte der Artenvielfalt erkannt, in denen besonders viele Neuentdeckungen zu erwarten sind und deren Erforschung prioritär ist. Der Lebensraum Boden mit einer Vielzahl unbekannter Bakterien, Pilze sowie niederer Pflanzen und Tiere. Eine ungeheure, noch nicht entdeckte Artenfülle wird auch im Lebensraum Tiefsee vermutet, der erst in jüngster Zeit mit neuen Techniken systematisch erforscht werden kann. Überraschen mag dagegen unser geringes Wissen über die Biodiversität der Baumkronen tropischer, aber auch heimischer Wälder. In den Kronen tropischer Wälder wurden in den letzten Jahren weit mehr Insektenarten für die Wissenschaft neu entdeckt als in jedem anderen Lebensraum der Erde.

Wälder bedecken von Natur aus rund ein Drittel der Festländer der Erde. Flächenmäßig am be-

deutendsten waren die tropisch-subtropischen Feuchtwälder mit ursprünglich rund 17 Millionen Quadratkilometern, gefolgt von den borealen Nadelwäldern des Nordens (rund 12 Mio. km²). Die uns so vertrauten kühlgemäßigten Laubmischwälder haben einst rund sieben Millionen km² eingenommen, wurden aber im Laufe der Menschheitsgeschichte auf einen Bruchteil dessen reduziert. Die Wälder der Erde werden von schätzungsweise 30 bis 50 Tausend Baumarten aufgebaut, die in unterschiedlichen Artendichten (das heißt Artenzahlen pro Fläche) in den heißen, gemäßigten und kalten Breiten auftreten. Die Baumartenvielfalt erhöht sich von den kalten zu den heißen Regionen: Boreale (den nördlichen Klimagebieten zugerechnete) Nadelwälder etwa in Schweden oder Sibirien werden meist nur von ein bis höchstens vier Baumarten aufgebaut. Wälder der feuchten Tropen können dagegen bis zu 300 verschiedene Baumar-





Biodiversitätsvergleich Deutschland – Ecuador

	Deutschland	Ecuador
Landesfläche (km ²)	350 000	280 000
Artenzahl Gefäßpflanzen	3 000	>16 500
Anzahl Baumarten	50	ca. 3000
Anzahl Orchideenarten	60	>2 200
Artenzahl pro 10 000 km ²	500 - 1200	2000 - >5000
Gefäßpflanzen-Endemiten ^a	ca. 20	>1000 (nur West-Ecuador)
Baumarten pro 1 Hektar (max.)	14 (z.B. Hainich)	300 (Oriente)

a - Pflanzen, die in einem nur sehr begrenzten Verbreitungsareal vorkommen

ten auf einem einzigen Hektar (100 x 100 m) beherbergen. Das bedeutet, dass beinahe jeder Stamm im Wald zu einer anderen Art gehört und Individuen derselben Art oft in großer Entfernung zueinander stehen. Unsere heimischen Laubwälder ähneln hinsichtlich ihrer Artenvielfalt viel mehr den artenarmen nordischen Nadelwäldern.

Eine Gegenüberstellung von Zahlenwerten der Biodiversität aus Deutschland und Ecuador soll die grundsätzlichen Unterschiede in der Struktur kühlgemäßiger und tropischer Wälder verdeutlichen (Tabelle).

Obwohl von der Fläche her deutlich kleiner als Deutschland, besitzt Ecuador rund sechzig mal so viele Baumarten wie Deutschland. Ein deutscher Wald gilt bereits als artenreich, wenn er nicht nur von einer Baumart (häufig der Buche) aufgebaut wird, sondern drei bis vier Baumarten beherbergt. Zu den artenreichsten Wäldern Mitteleuropas zählen Auenwälder entlang der großen Flüsse, in denen wir unter anderem Ahorne, Ulmen, Eschen, Eichen und Hainbuchen finden. Zu den Spitzenreitern im Hinblick auf Baumartenvielfalt in Mitteleuropa gehören Mischwälder im Na-

tionalpark Hainich in Westthüringen, einer der Forschungsregionen der Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung der Universität Göttingen, die – auch durch frühere Nutzung bedingt – bis zu 14 verschiedene Baumarten pro Hektar aufweisen.

Warum Tropenwälder in der Regel so viel artenreicher als unsere heimischen Wälder sind, ist eine zentrale Fragestellung der globalen Biodiversitätsforschung. Man hofft, die natürlichen Voraussetzungen des Entstehens von Artenvielfalt zu verstehen und damit die Effektivität von Schutzvorhaben zu steigern, mit denen die-

Abb. 1: Neu eingeführte Techniken zur Erforschung der Baumkronen

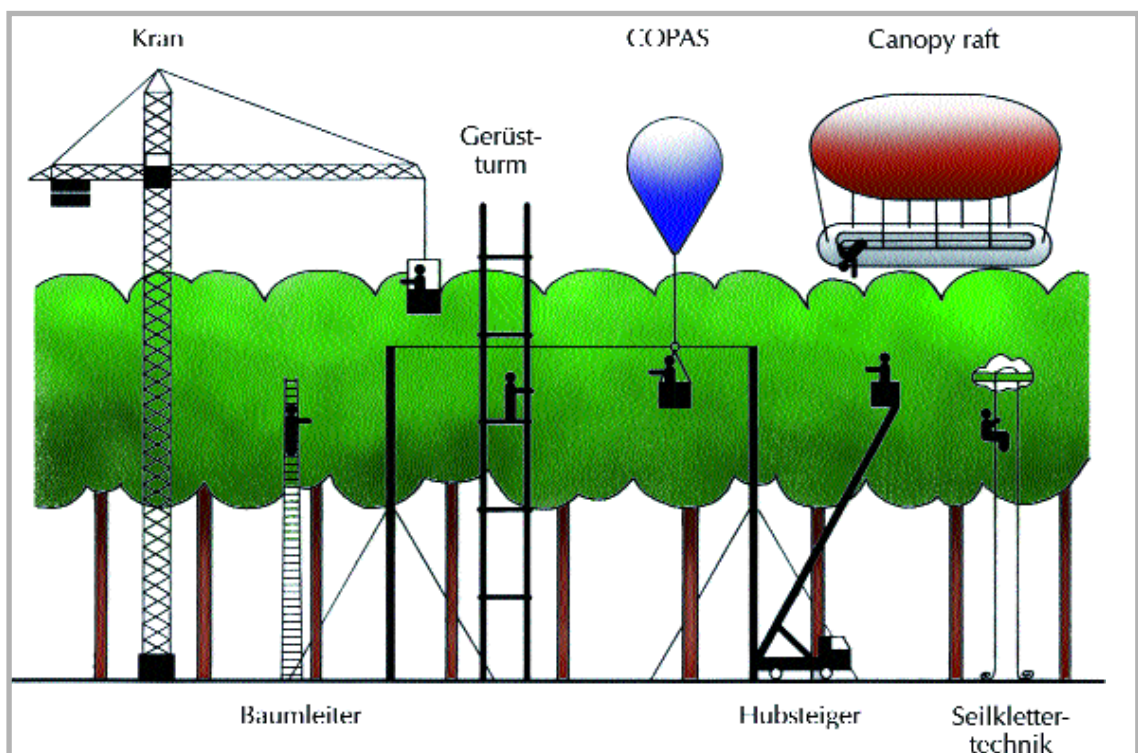


Abbildung: C. Leuschner

ser Reichtum für kommende Generationen zumindest im Kern erhalten werden kann. Wichtige Bestimmungsfaktoren für hohe Baumartenvielfalt sind zweifellos ganzjährig hohe Temperaturen und Niederschläge, also Klimate ohne eine eigentliche Ruhezeit der Vegetation in kalten oder trockenen Jahreszeiten. Entscheidenden Einfluss auf die Baumartenvielfalt dürfte aber auch die Länge von störungsarmen Zeiträumen in vergangenen Epochen haben: Vergleicht man die Artenzahlen an Gehölzen und Sträuchern in Europa, im Osten von Nordamerika und in Ostasien miteinander, erkennt man ein Diversitätsgefälle von Ostasien (>650 Arten) über Nordamerika (>256 Arten) nach Europa (>172 Arten), obwohl die Klimate einander ähneln. Vegetationsgeschichtler erklären die mitteleuropäische Artenarmut vor allem mit den großflächigen Vereisungen des letzten Glazials und ungünstigen Wanderungsbedingungen für die von der Kälte betroffenen Baumarten. Die glazialen Umwelten waren für ein Überdauern der Bäume in Nordamerika und vor allem in Ostasien ungleich günstiger.

Die Baumkrone als Forschungsgegenstand der Göttinger Wissenschaftler

Die Kronen der Bäume sind für den Besucher eines Waldes ein nicht erreichbarer Lebensraum. Die waldökologische Forschung hat in den letzten 20 Jahren den Lebensraum Krone mit Hilfe von neu eingeführten Techniken erobert. Es wurden teilweise erstaunliche Erkenntnisse über die Biodiversität in Baumkronen und wichtige Einblicke in die Ökophysiologie ausgewachsener Bäume ermöglicht. Mehrere dieser Techniken werden auch in laufenden Forschungsprojekten der Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung des Albrecht-von-Haller-Instituts für Pflanzen-



Abb. 2. Der Ökologe Lars Köhler beim Ersteigen einer 35 Meter hohen tropischen Eiche in Costa Rica. Fotos: Abtl. Ökologie und Ökosystemforschung

wissenschaften der Universität Göttingen in deutschen und tropischen Wäldern eingesetzt (Abb. 1). Gegenwärtig konzentriert sich die Tropenwaldforschung der Göttinger Wissenschaftler auf den südamerikanischen Andenstaat Ecuador, wo drei Projekte durchgeführt werden. Weitere Vorhaben laufen in Indonesien und Costa Rica. Vor allem Doktorandinnen und Doktoranden, aber auch Diplomanden sammeln über mehrere Monate je nach Fragestellung des Projektes Daten über den Kohlenstoffgewinn der Bäume, die Zuwächse an Holz und Blättern und die Neuproduktion von Wurzeln, um Aussagen über die Rolle tropischer Wälder im globalen Kohlenstoffkreislauf zu erhalten. In einem anderen Projekt werden die Artenzusammensetzung der Wälder und die Struktur und Physiologie der wichtigsten Baumarten erforscht. Auch der Wasserumsatz in den niederschlagsreichen Bergwäldern der Tropen ist Gegenstand der For-

schung, weil deren Abholzung zu großen Problemen in der Wasserversorgung der Bevölkerung führt. Bereits während der Feldphase von rund eineinhalb Jahren werden die erhobenen Daten im Göttinger Institut einer Vorauswertung unterzogen, wo anschließend die Auswertungsphase beginnt. Die Ergebnisse aus den Tropenwäldern werden in der Zusammenschau aller unserer laufenden Projekte mit Daten aus den heimischen Wäldern in Beziehung gesetzt. Im Vergleich Tropen – gemäßigte Zonen liegt eine Besonderheit und Stärke des Göttinger Ansatzes der Baumkronenforschung.

Mit relativ geringem Aufwand lässt sich die alpine Seilklettertechnik von entsprechend geschulten Mitarbeitern in Baumkronen anwenden (Abb. 2). Vergleichsweise problemlos ist auch die Installation von 30 Meter hohen Baumleitern, mit denen wir unsere Arbeiten vor circa zwölf Jahren begannen. Beide Techniken ermöglichen das Erklettern der in-



Abb. 3.
Hubsteiger mit
30 Meter hoher Kanzel
beim Einsatz im
Nationalpark Hainich

neren Kronenregionen, während die interessanten äußeren Kronenbereiche unerreichbar bleiben. Aufwändig, aber vielseitig nutzbar sind im Wald aufgebaute Baukräne und Gerüsttürme, die den Zugang gerade zur obersten Sonnenkrone erlauben. Der waldökologischen Forschung in Göttingen stehen 40 bis 50 Meter hohe Gerüsttürme zur Durchführung von mikroklimatologischen, zoologischen und baumphysiologischen Forschungsarbeiten in Buchen- und Fichtenwäldern zur Verfügung, so im Hochsolling (zwei Türme), im Göttinger Wald und in der südlichen Lüneburger Heide. Im Solling wird darüber hinaus vom Forschungszentrum Waldökosysteme ein 40 Meter hoher Baukran für Kronenforschung in einem Fichtenwald genutzt. Als ein sehr erfolgreiches Instrument des Kronenzugangs hat sich ein kürzlich angeschaffter mobiler Hubsteiger erwiesen, der in verschiedene Wälder gezogen werden kann, dort beweglich ist und mit seinem Korb eine maximale Höhe von 30 Metern er-

»Biologische Diversität und Ökologie« – neue Studienangebote an der Universität Göttingen

(red.) Zum Wintersemester 2003/2004 sind an der Georg-August-Universität Göttingen neue interdisziplinäre Studiengänge (Bachelor, Master und Promotion) im Bereich »Biologische Diversität und Ökologie« geplant. An der Entwicklung dieser Studienangebote sind die Abteilungen des Göttinger Zentrums für Biodiversitätsforschung und Ökologie (GZBÖ) inhaltlich maßgeblich beteiligt.

Das sechssemestrige Bachelor-Studium »Biologische Diversität und Ökologie« bietet ein fächerübergreifendes Grundstudium in Biologie, verbunden mit der Ausbildung in sechs zentralen Feldern der Biodiversitätsforschung. Schwerpunkte liegen dabei auf modernen Methoden der systematischen und ökologischen Forschung und der Vermittlung guter Kenntnisse der mitteleuropäischen Flora, Fauna und Vegetation. Nach einer viersemestrigen Ausbildung folgt eine Schwerpunktsetzung in den Fächern Pflanzen- und Tiersystematik, Pflanzen- und Tierökologie, Vegetationskunde sowie Naturschutz/Agrarökologie. Neben Intensivpraktika, Spezialvorlesungen und so genannten »Biodiversitätskursen« gehört ein Berufspraktikum in den Semesterferien zur Ausbildung. Nach Ablegen der Prüfungsleistungen wird das Bachelor-Studium mit einer eigenständigen Arbeit abgeschlossen. Als Studienabschluss wird ein Bachelor of Science (B.Sc.) verliehen.

Im Master-Studium werden ein Hauptfach und mindestens zwei Nebenfächer studiert. Mögliche Hauptfächer sind Pflanzensystematik und Phykologie, Tiersystematik und Evolution, Pflanzenökologie, Vegetationskunde sowie Tierökologie. Als Nebenfächer kann eine Auswahl unter den genannten Fächern sowie aus einer breiten Palette weiterer Disziplinen, von Biogeochemie über Naturschutz und Umweltgeschichte bis zu Umweltrecht, getroffen werden. In jedem dieser Fächer kann die Masterarbeit angefertigt werden. Als Studienabschluss wird ein Master of Science (M.Sc.) verliehen.

Für Studierende mit einem erfolgreichen Abschluss des Master-Studienganges besteht die Möglichkeit zur Promotion. Dazu wird eine (englischsprachige) Forschungsarbeit und die Teilnahme an mindestens drei Fachseminaren in englischer Sprache verlangt. Ausgezeichnete Masterarbeiten können in die Promotion einfließen, sodass besonders qualifizierte Studierende das Studium bis zur Promotion in sieben Jahren abschließen können. Als Abschluss wird der Titel eines Dr. rer. nat. oder eines Ph.D. verliehen.

reichen kann (Abb. 3). Dieses gemeinsam von der Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung und der Zentralgärtnerei der Universität betriebene Fahrzeug kommt gegenwärtig in der Kronenforschung im sehr artenreichen Mischwald des Nationalparks Hainich (Thüringen) zum Einsatz. In tropischen Wäldern

werden von anderen Arbeitsgruppen – es gibt weltweit etwa 20 Gruppen in der Baumkronenforschung – zwei Systeme des Kronenzugangs eingesetzt, die eine große Mobilität in der Krone ermöglichen, aber aufwändige Techniken und Betreuung erfordern: Das Gondelsystem COPAS, das den Wissenschaftler mit Bal-

lontechnik entlang von Führungsseilen in der Krone bewegt, und das Canopy raft, ein kombiniertes Vehikel aus Ballon und Schlauchboot, welches auf der Kronenoberfläche in 40 oder 50 Metern Höhe landet.

Strukturelle Vielfalt von Baumkronen

Birke, Kiefer, Traubeneiche, Hainbuche, Winterlinde und Buche sind Baumarten, die wichtige mitteleuropäische Waldgesellschaften prägen. Obwohl die Mehrheit dieser Arten forstwirtschaftlich von erheblicher Bedeutung ist, wissen wir über die Struktur und Funktionen der Baumkronen ausgewachsener Bäume erst wenig. Das liegt daran, dass der nutzende Forstwirt lediglich am Stammholz interessiert ist und überdies die Baumernte im Winter stattfindet, wenn die Krone inaktiv ist. Wichtige Funktionen eines Waldökosystems, darunter Kohlenstoffbindung, Wasserumsatz und Strahlungsdurchlass, werden entscheidend vom Aufbau der Krone und der Anordnung der Blattelemente bestimmt. Marc Hagemeyer hat im Rahmen seiner Doktorarbeit (Funktionale Kronenarchitektur mitteleuropäischer Baumarten, 2002) insgesamt 24 ausgewachsene Individuen der genannten sechs Baumarten mit der alpinen Seilklettertechnik bis in eine Höhe von 30 Metern erstiegen und erstmals wichtige morphologische und physiologische Eigenschaften der Kronen im Vertikalprofil vergleichend untersucht. Diese Forschungsarbeiten fanden in relativ naturnahen Wäldern der weiteren Göttinger Umgebung statt. Die sechs Baumarten unterscheiden sich zunächst auffallend in der vertikalen Erstreckung ihrer Krone: Birke, Kiefer und Linde konzentrieren ihre Blattmasse im obersten Drittel der Baumkrone, während Eiche, Hainbuche und Buche eine tiefreichende Schattenkrone ausbilden (Abb. 4).

Funktionale Vielfalt von Baumkronen

Die Kronendimensionen beeinflussen nicht nur die Raumeroberung durch benachbarte Bäume im Wald, sondern sind auch für den Strahlungsdurchlass zum Waldboden bedeutsam. Alle Baumarten richten ihre Blätter in der obersten Sonnenkrone deutlich steiler gegenüber der Horizontalen aus als in der tieferen Krone. Hierdurch lässt sich die Absorption der Strahlung in der Krone maximieren. Eine Besonderheit von Hainbuche, Linde und Buche ist aber die fast horizontale Blattstellung in der unteren Schattenkrone (Blattwinkel $< 20^\circ$), wodurch eine besonders effektive Schattenerzeugung am Waldboden ermöglicht wird. Eine wichtige Konsequenz der unterschiedlichen Kronenstruktur, Blattstellung und auch Gesamtblattfläche der sechs Baumarten ist der gravierende Unterschied in der Strahlungsdurchlässigkeit der Baumkronen dieser Arten. Niedrige Werte um ein Prozent der Freilandstrahlung bei Hainbuche, Linde und Buche deuten auf hohe Konkurrenzstärke dieser Arten hin, während Eiche, Kiefer und Birke acht bis 15 Prozent durchlassen und damit eine geringe Durchsetzungskraft gegenüber Konkurrenten im Mischwald zei-

gen. Die dreidimensionale funktionale Analyse der Baumkrone erlaubt Schlüsse sowohl auf die Regulation von Stoffflüssen zwischen Baum und Atmosphäre als auch ein Verständnis walddynamischer Prozesse im Mischwald.

Baumkronen als Lebensraum für Tiere und Pflanzen

Wesentliche Impulse zur Erforschung der Biodiversität in Baumkronen gingen von den bahnbrechenden Ergebnissen des amerikanischen Entomologen Terry Erwin aus, der die Kronen tropischer Bäume mit Insektiziden besprühte und auf diesem destruktiven Wege zum ersten Mal zu annähernd vollständigen Artenlisten der die Krone bewohnenden Insekten kam. Die Kronen einzelner tropischer Regenwaldbäume beherbergen danach Hunderte von Insektenarten; viele dieser Spezies wurden nur auf wenigen oder gar einer einzigen Baumart gefunden. Angesichts der hohen Baumartenvielfalt in feuchttropischen Wäldern musste gefolgert werden, dass mehrere Millionen von Insektenarten in diesem Lebensraum bisher unentdeckt vorkommen

Tropische Baumkronen sind nicht nur Schatzkammern der Insektenvielfalt, sondern beherbergen auch viele nicht-baumförmige

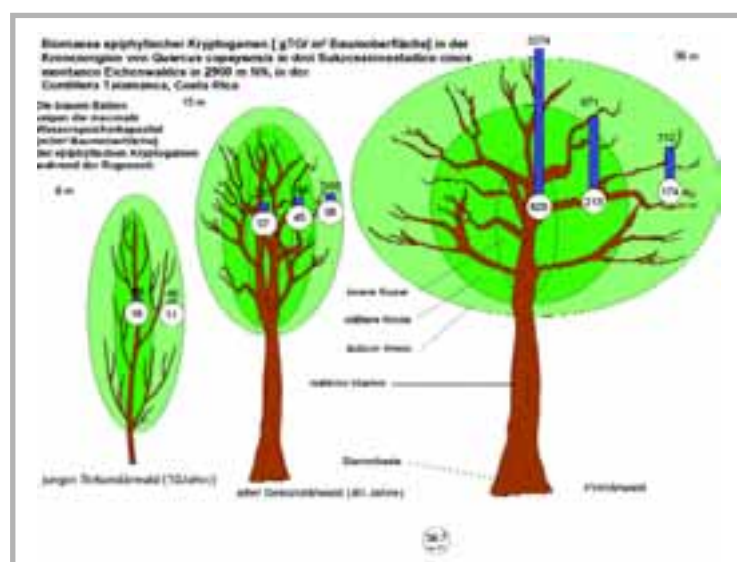


Abb. 4. Kronendimensionen und räumliche Verteilung der Blattfläche von sechs heimischen Baumarten, ermittelt mit der Seilklettertechnik. Abb.: M. Hagemeyer

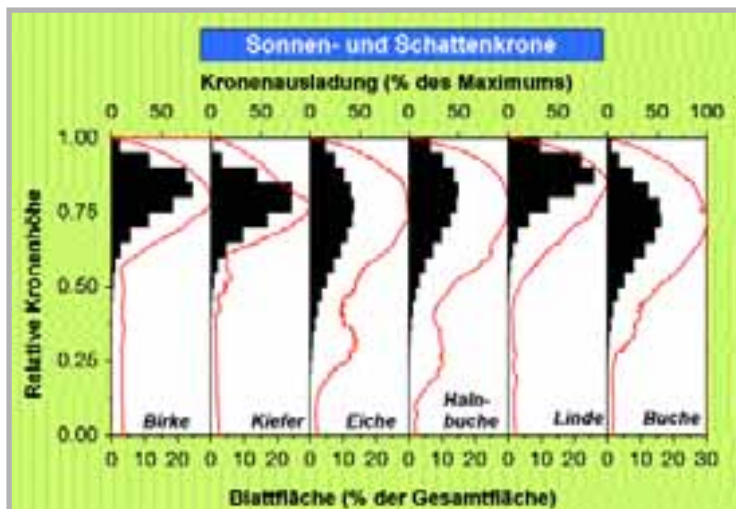


Abb. 5. Einige Ergebnisse der Kronenforschung im tropischen Bergregenwald von Costa Rica
Abb.: L. Köhler

ge Pflanzen, die als Aufsitzerpflanzen (Epiphyten) die Stämme und Äste besiedeln, ja selbst auf den Blättern der Bäume als kurzlebige Epiphyll wachsen. In einem von der DFG geförderten Gemeinschaftsvorhaben der Abteilungen Ökologie und Ökosystemforschung sowie Systematische Botanik im Albrecht-von-Haller-Institut wurde die Moosvielfalt in Bergregenwäldern Costa Ricas erforscht. Die bis zu 35 Meter hohen tropischen Eichen wurden von Lars Köhler und Ingo

Holz mittels Seilklettertechnik nach Moosen auf Stamm und Baumrinde abgesucht (Abb. 5). Ingo Holz konnte in einem einzigen Bestand rund 100 verschiedene Moosarten identifizieren, die viele Stammoberflächen in dichten Polstern besiedeln. Die Abholzung dieser Naturwälder führt zu Sekundärwäldern, die nur geringe Moosbiomassen aufweisen. Lars Köhler hat in seiner Doktorarbeit (Die Bedeutung der Epiphyten im ökosystemaren Wasser- und Nährstoffkreislauf

verschiedener Altersstadien eines Bergregenwaldes in Costa Rica, 2002) untersucht, ob dieser Verlust an Moosreichtum und insbesondere an Moosbiomasse zu einer Veränderung des Wasserkreislaufes im Bergwald führt, weil Moose wie ein Schwamm abtropfendes Wasser aufsaugen. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Rodung von Naturwald und das spätere Aufwachsen von Sekundärwald deutliche Veränderungen in der Hydrologie der Bergwaldregion nach sich ziehen, die für Wassergewinnung, Erosion und Hochwasserschutz bedeutsam sind. Diese Veränderungen werden aber, so die Forschungsergebnisse, weniger durch den hydrologischen Einfluss der Moose bedingt, sondern sind Folge einer andersartigen Kronen- und Bestandesstruktur der Bäume im Sekundärwald.

Die Erforschung der Struktur und Funktion der Baumkronen, ihre Rolle im ökosystemaren Stoffkreislauf und deren Bedeutung als Lebensraum für zahlreiche, z.T. bisher unbekannte Tier- und Pflanzenarten hat sich in den letzten Jahren zu ei-

Investigations on the ecology of forest canopies are a recent focus of ecological research in temperate and tropical forests. Tree canopies are among the least studied environments on Earth because access was difficult until recently. In the past 20 years, a number of new access techniques had been developed that facilitate studies on biodiversity and ecology in canopies. The Department of Plant Ecology, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, University of Göttingen, is involved in various projects on canopy research in Germany, Costa Rica, Ecuador and Indonesia. Prof. Dr. Leuschner's group uses scaffolding towers, mobile elevator vans, tree ladders and the rope climbing technique to gain access to mature trees of

up to 30 m in height. Research interests focus on the architecture of tree canopies, intercations between neighbouring tree canopies, and the exchange of energy, carbon, water and nutrients between canopy and environment. Examples of recent studies include a study on tree species interactions in species-rich broad-leaved forests in the National Park Hainich in Thuringia. A recently purchased mobile elevator van is used to reach the sun canopies at 30 m height to investigate direct (mechanical) and indirect interactions through mutual shading between neighbouring ash, lime and hornbeam trees. The results allow predictions on future forest development in mixed forests. In a project funded by the DFG, the water turnover in trees rich or

poor in epiphytes (plants that grow on stems and twigs in tree canopies) has been studied in montane rain forests of Costa Rica. Canopy access has been gained by the rope climbing technique. In the context of SFB 552 (Stability of Rain Forest Margins in Indonesia), the functional diversity of tree canopies has been studied in natural and secondary forests in Central Sulawesi using bamboo towers of 20 m in height. In its long-term research strategy, the Department of Plant Ecology attempts to identify similarities and dissimilarities in tree canopy function in various tropical (Old World and New World Tropics) and temperate forests and to relate canopy architecture to fluxes of energy and matter.

Das Göttinger Zentrum für Biodiversitätsforschung und Ökologie (GZBÖ)

(red.) Anfang 2001 wurde an der Georg-August-Universität Göttingen das Göttinger Zentrum für Biodiversitätsforschung und Ökologie (GZBÖ) gegründet, an dem die Fakultäten Biologie, Agrarwissenschaften, Forstwissenschaften und Waldökologie, Geowissenschaften und Geografie sowie das Deutsche Primatenzentrum und das Institut für Fachdidaktik der Philosophischen Fakultät beteiligt sind. In den 17 Forschergruppen des Zentrums stehen die Erforschung der Biodiversität und deren Funktion im Ökosystem sowie Möglichkeiten einer nachhaltigen Nutzung dieser Vielfalt im Mittelpunkt der Arbeit. Dabei lautet die zentrale Forschungshypothese, dass Artendiversität die Voraussetzung für das Funktionieren von Ökosystemen ist.

Das GZBÖ ist in nationale und internationale Forschungsvorha-

ben eingebunden. Eine wichtige Rolle spielt dabei der durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereich (SFB) 552 »Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien«. Eine ebenfalls von der DFG geförderte Forschergruppe befasst sich mit der Biodiversität in den tropischen Bergregenwäldern Ecuadors. Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) werden im Rahmen der Verbundvorhaben BIOLOG und BIOTEAM Untersuchungen zum Thema »Biodiversität und global change« und »Partnerschaftliche Nutzung der Biodiversität« gefördert. Die Einrichtung einer DFG-Forschergruppe mit dem Schwerpunkt »Geobiologie von Organo- und Biofilmen« ist in Planung.

Das Zentrum verfügt über hervorragende Arbeitsbedingungen, die nicht zuletzt in der naturwis-

senschaftlichen Forschungstradition der Georg-August-Universität begründet sind: Mit dem Herbarium, der Algensammlung und dem Geowissenschaftlichen Museum stehen bedeutende Sammlungen für Lehre und Forschung zur Verfügung. Der Botanische Garten mit einer systematischen und einer ökologisch-experimentellen Abteilung, ein molekularbiologisches Zentrallabor sowie mehrere Gerüsttürme und Hubsteiger für die Forschung in Baumkronen können genutzt werden. Durch die Beteiligung am DFG-Graduiertenkolleg »Wertschätzung und Erhaltung der Biodiversität« ist das Zentrum an der Ausbildung exzellenter Studierender beteiligt. Vom Wintersemester 2003/2004 an sind zudem neue Bachelor- und Master-Studiengänge »Biologische Diversität und Ökologie« geplant. Sprecher des GZBÖ ist Prof. Dr. Christoph Leuschner.

nem Schwerpunktthema in der Biodiversitätsforschung entwickelt. Aktuelle Ergebnisse aus unseren Forschungsprojekten belegen, wie Baumkronen den Umsatz von Strahlung, Wasser und Nährstoffen im Ökosystem Wald steuern und einen vielfältigen Lebensraum für Tiere und andere Pflanzen schaffen: So lassen bei heimischen Baumarten Kronenform, Blattstellung und Strahlungshaushalt im Kronenbereich Schlüsse auf die Durchsetzungsfähigkeit einer Baumart gegenüber konkurrierenden Bäumen zu. Laufende Forschungsarbeiten unserer Arbeitsgruppe in den Kronen von Mischwäldern lassen erkennen, dass sich verschiedene Baumarten auch in der Empfindlichkeit gegenüber Beschädigung durch Ast- und Zweigbruch unterscheiden, so dass Nachbarbäume durch eine mechanische Interak-

tion in Wechselwirkung treten können. Physiologische Untersuchungen in den Baumkronen der Bergwälder von Sulawesi (Indonesien) haben die funktionale Vielfalt der Bäume eines tropischen Waldes aufgezeigt. In den Bergregenwäldern Costa Ricas ließ sich der große Einfluss der Struktur der Baumkrone auf den Wasserkreislauf des gesam-

ten Ökosystems zeigen. Weitere laufende Projekte im Nationalpark Hainich, in den Berg- und Tieflandwäldern Ecuadors sowie im Lore-Lindu-Nationalpark in Sulawesi lassen weitere Ergebnisse erwarten, mit denen Bedeutung und Funktion des Lebensraumes Baumkrone zunehmend entschlüsselt werden können. ◀



Prof. Dr. Christoph Leuschner, Jahrgang 1956, studierte Biologie und Geographie in Freiburg und Göttingen, wo er 1986 promoviert wurde und sich 1994 im Fach Botanik habilitierte. Von 1996 bis 2000 war er Professor für Ökologie an der Universität Kassel und wurde 2000 auf eine Professur für Pflanzenökologie an das Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Göttingen berufen. In seiner Forschung beschäftigt sich der Direktor des Neuen Botanischen Gartens mit der Ökologie von Bäumen und tropischen Baumgrenzen, der Walddynamik und dem biologischen Naturschutz.



Die immergrünen Regenwälder der Tropen bedecken nur etwa fünf Prozent der gesamten Erdoberfläche. Trotzdem beherbergen sie vermutlich mehr als die Hälfte aller gegenwärtig lebenden Tier- und Pflanzenarten der Erde. Viele dieser Arten sind durch die rapide Zerstörung der Tropenwälder durch den Menschen akut bedroht. Nach vorsichtigen Schätzungen sterben durch Rodung jährlich mindestens 0,2 bis 0,3 Prozent der Regenwaldarten aus, viele davon unerkannt oder unerforscht (Wilson 1992). Die Besorgnis um den Artenschwund einerseits und die noch sehr lückenhaften Kenntnisse der biologischen Vielfalt tropischer Regenwälder andererseits sind wichtige Gründe für eine intensive Forschungstätigkeit. Die Entschlüsselung der botanischen Vielfalt tropischer Regenwälder ist ein Arbeitsschwerpunkt der Abteilung Systematische Botanik des Albrecht-von-Haller-Instituts für Pflanzenwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen. Das besondere Interesse gilt den so genannten Kryptogamen, das sind Moose, Farne und Flechten. In den letzten Jahren haben wir in den Ländern Costa Rica, Ecuador, Brasilien und Bolivien sowie in Indonesien Feldforschung betrieben. Nachfolgend wird am Beispiel der Moosflora und Moosvegetation des tropischen Amerikas ein Ausschnitt unserer Forschungsaktivitäten vorgestellt.

Moose treten in tropischen Regenwäldern sehr artenreich auf und siedeln in vielen unterschiedlichen Nischen, etwa auf Stammbasen, Stämmen, Ästen, Zweigen, lebenden Blättern, Büschen, Totholz und, besonders in Bergwäldern, auch auf dem Waldboden. Durch ihre besonderen physiologischen Eigenschaften reagieren diese Pflanzen sehr empfindlich auf Umweltveränderungen und besitzen eine besondere Eignung als Bioindikatoren. Hinsichtlich ihrer Organisationsstufe vermitteln Moose zwischen den Algen und den Farnpflanzen und werden traditionell in Laub-, Leber- und Hornmoose gegliedert. Molekulare Analysen bestätigen diese Gliederung nicht und rücken die kleine Gruppe der Hornmoose weit ab von den übrigen Moosen, die mit etwa 14.000 Arten die zweitgrößte Gruppe der Landpflanzen darstellt. Die Göttinger Forschungsprojekte beziehen sich auf die Taxonomie, das heißt auf die einwandfreie Identifikation und Einordnung in das biologische System, und die Biogeographie der Arten, besonders der Lebermoose. Unser Interesse gilt auch der räumlichen Verbreitung der Artenvielfalt und untersucht die Auswirkungen von Waldzerstörung und Landnutzung auf die Diversität der Moose.

Taxonomie und Biogeographie

Die taxonomische Kenntnis tropischer Moose ist nach wie vor eher unzureichend. Für die Laubmoose der amerikanischen Tropen sind in jüngerer Zeit verschiedene Bestimmungswerke verfügbar geworden, an denen die Universität Göttingen mit ihrer Forschung beteiligt war. Dagegen fehlten bisher zusammenfassende Darstellungen der neotropischen Lebermoose. Vor kurzem konnte unter Mitarbeit der Göttinger Wissenschaftler in Kooperation mit amerikanischen Kollegen das erste Handbuch über alle 120 Familien und etwa 600 Gattungen der tropisch-amerikanischen Laub-, Leber- und Hornmoose veröffentlicht werden. Darüber hinaus können wir ein zweites Ergebnis einer internationalen Forschungsk Kooperation des Botanischen Gartens von Rio de Janeiro und der Universität Göttingen demnächst in Buchform präsentieren: eine erste zusammenfassende Darstellung der Lebermoosflora Brasiliens.

Generalisten überleben

Moosflora und Moosvegetation im tropischen Regenwald

Stephan Robbert Gradstein, Jochen Heinrichs

Für die Herausgabe derartiger Florenwerke fehlen allerdings noch taxonomische Bearbeitungen einiger der größten und schwierigsten Lebermoosgruppen. Es sind dies die Familien Lejeuneaceae und Plagiochilaceae. Um diese Lücke zu schließen, wurden in der Abteilung Systematische Botanik umfangreiche Forschungsprojekte initiiert. Für die artenreiche Familie Lejeuneaceae konnte bereits eine Teilbearbeitung in *Flora Neotropica* publiziert werden. Zur Zeit sind taxonomische Bearbeitungen der Gattungen *Prionolejeunea* (durch Anna Luiza Ilkiu-Borges) und *Lejeunea* (durch M. Elena Reiner-Drehwald) in Vorbereitung. Für die große Gattung *Lejeunea* wird

nach einer systematischen Erfassung mit etwa 100 Arten im tropischen Amerika gerechnet, obwohl fast zehnmals so viele Arten aus der Region in der Literatur angegeben wurden.

Damit ist ein Problem tropischer Moosforschung benannt: viele Artnamen tauchen in der Literatur auf, die sich als Dopplungen erweisen. Die Anzahl dieser Synonyme dürfte die Zahl der noch unbeschriebenen Arten sogar übersteigen. Gründe dafür sind, dass viele Arten in der Vergangenheit anhand von Einzelproben und ohne Berücksichtigung einer gewissen innerartlichen Variabilität beschrieben wurden. Auch die Abgrenzung von den übrigen zerstreut in der Literatur beschrie-

benen Arten blieb meistens unklar. Bei neuen systematischen Bearbeitungen nimmt die Gesamtzahl der akzeptierten Arten

denen Namen beschrieben worden sind, ist von einer deutlich geringeren Zahl tatsächlich vorhandener Arten auszugehen. Für

ter: Die Arbeit mit dem Lichtmikroskop wird durch rasterelektronenmikroskopische, inhaltsstoffchemische und molekulare Untersuchungen ergänzt.

So war lange unklar, was unter dem 1847 aus Venezuela beschriebenen Moos *Plagiochila moritziana* Hampe zu verstehen war. Einen ersten Hinweis gab die Beobachtung eines auffälligen Pfefferminzgeruchs an Frischmaterial aus Ecuador, der bislang hauptsächlich von der neotropischen *Plagiochila rutilans* Lindenb. bekannt geworden war und auf das Auftreten leicht flüchtiger Duftstoffe zurückgeführt werden kann. Die großen Übereinstimmungen in Morphologie, Chemie und ITS-Sequenzen der ribosomalen Kern-DNA erlaubten schliesslich die Reduktion von *P. moritziana* zu einer Varietät von *P. rutilans*.

Kürzlich konnte über den Nachweis von bei Lebermoosen selten auftretendem Oberflächenwachs die Zugehörigkeit der von den Britischen Inseln und Frankreich bekannten Art *Plagiochila atlantica* F. Rose zum Verwandtschaftskreis um die neotropische *Plagiochila aerea* Taylor aufgeklärt werden. Mittlerweile wird *Plagiochila atlantica* als Synonym zu der lateinamerikanischen *Plagiochila heterophylla* Lehm. geführt und bestätigt den



Moospolster auf Bäumen im einem tropischen Bergwald
Foto: G. Miehe

daher in der Regel nicht zu, sondern wird reduziert.

Die Moosfamilie der Plagiochilaceae ist in der Flora des tropischen Amerikas mit über 500 Artnamen vertreten, die sich überwiegend auf die Gattung *Plagiochila* beziehen. Da manche Arten unter mehr als 20 verschied-

die Darstellung der Familie in *Flora Neotropica* wird mit immerhin etwa 120 Arten gerechnet. *Plagiochilen* sind schwer zuzuordnen: einerseits sind sie arm an charakteristischen Merkmalen, andererseits tauchen sie in unzähligen Phänotypen auf. Hier helfen moderne Techniken wei-

The threatened biological diversity of the tropical rain forest is the principal research subject of the Department of Systematic Botany of the University of Göttingen. Our main focus is on bryophytes (mosses, liverworts), ferns and lichens of the rain forests of tropical America and Indonesia. This paper presents some results of our bryological investigations. Mosses and liverworts are very common in tropical rain forests where they inhabit many different microhabitats, particularly epi-

phytic ones. Many species are restricted to the high canopy of the forest and are therefore little known. Because of their physiological nature, they are organisms very sensitive to ecological disturbances and are excellent indicators of environmental conditions. Our investigations have shown that different rain forest types have very different patterns of bryophyte diversity, which may be explained by climatic factors, especially humidity. Human disturbance of the rain forests leads to a considerable

loss of diversity, especially of shade epiphytes living in the undergrowth of the forest. These changes are currently being investigated along successional gradients. Our taxonomic investigations using morphological, chemical and molecular methods have revealed the lack of proper understanding of the taxonomic characters, evolution and geographical ranges of tropical bryophyte species and demonstrate the need for increased efforts in this field.

Befund, dass enge Beziehungen zwischen den *Plagiochila*-Floren des atlantischen Europas und des tropischen Amerikas bestehen. Die zunächst lokal auf die *Flora Neotropica* zugeschnittenen Erhebungen liefern also eine Vielzahl von Daten, die ständig zu neuen Ansichten hinsichtlich Biogeographie und Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der größten Gattung der Lebermoose, *Plagiochila*, führen. Weiterhin zeigen die Befunde, dass innovative Methoden zu bemerkenswerten neuen Erkenntnissen in der Taxonomie tropischer Moose führen können.

Artenreichtum

Artenreichtum ist der meistverwendete Parameter in der Biodiversitätsforschung. Moose sind zur Bestimmung des Artenreichtums tropischer Regenwälder sehr geeignete Organismen, da ihre Artendichte gewöhnlich sehr hoch ist. Auf vier bis fünf Bäumen in einer Waldfläche wachsen bereits etwa 75 Prozent der gesamten im Gebiet nachweisbaren Moosarten. Trotzdem ist unsere Kenntnis des Artenreichtums von Moosen in tropischen Regenwäldern bestenfalls fragmentarisch. Ein Hauptgrund dürfte in der schwierigen Zugänglichkeit des oberen Stamm- und des Kronenbereichs der Regenwaldbäume liegen. Doch gerade hier, hoch oben in den Baumkronen, siedeln aufgrund der guten Lichtverhältnisse mehr Arten als im Unterholz. Unsere Untersuchungen in Costa Rica, Guyana, Kolumbien, Ecuador und Bolivien haben gezeigt, dass Tieflandregenwälder zwischen 40 und 120 Arten pro Hektar und Bergwälder zwischen 75 und 150 Arten aufweisen. Die höchsten Artenzahlen wurden in den hochmontanen Nebelwäldern, oberhalb 2000 Metern, gefunden, wo sechs Hektar Wald über 200 Moosarten aufwiesen. Auch in den Tropen ist Nebel ein wichtiger Faktor für Wachstum

und Entwicklung epiphytischer Moose, wobei Pflanzen als epiphytisch bezeichnet werden, die auf anderen Pflanzen wachsen, sich aber selbstständig ernähren. Insgesamt haben wir eine klare Tendenz zu höheren Artenzahlen mit zunehmender Meereshöhe und Feuchtigkeit beobachtet.

Entwaldung

Regenwälder bedeckten einst große Flächen des tropischen

Paul Richards (1996) hat zwei Typen von Epiphyten unterschieden, die »Schatteneiphyten« des Waldunterholzes und die »Sonneneiphyten«, die vor allem in den Baumkronen hoher Bäume wachsen. Eine dritte Gruppe von Arten, die so genannten »Generalisten«, haben weite ökologische Nischen und kommen sowohl im Kronenraum als auch im Unterholz vor. Die Untersuchung dieser Spezialisten und Generalisten



Amerikas. In vielen Gebieten sind diese Wälder mittlerweile durch Abholzung in Plantagen und Farmland umgewandelt oder durch Sekundärwälder, Gebüsch oder Savannen ersetzt worden. Der menschliche Einfluss auf die Moosdiversität der Regenwälder ist noch wenig untersucht. Der führende Regenwaldforscher

ist aus mehreren Gründen von Interesse. Einerseits scheint über diese Kategorien die komplexe Verteilung der Arten im Wald sinnvoll beschrieben werden zu können. Andererseits, so lautete eine unserer Arbeitshypothesen, sollten Generalisten und Spezialisten unterschiedlich empfindlich auf Entwaldung reagieren. Schat-

Ein Vertreter der Lebermoosgattung *Plagiochila*, ein Forschungsobjekt der Abteilung Systematische Botanik
Foto: J.-P. Frahm

tenepiphyten sind empfindlich gegen Austrocknung und sollten daher zuerst verschwinden, wenn das Kronendach gelichtet wird. Dagegen dürften Sonnenepiphyten und Generalisten an trockenere Mikrohabitate angepasst sein und bessere Überlebenschancen haben.

Die Hypothese wurde von uns in den letzten Jahren in West Ecuador und im Alto Beni (Bolivien) überprüft, wo Reliktfragmente primären submontanen Regenwaldes an ein Mosaik aus landwirtschaftlich genutzte Flächen und Brachen angrenzen. Es konnte bestätigt werden, dass die Diversität der Moose in den tropischen Plantagen und Brachen viel geringer war und dass nur wenige Schattenepiphyten die Entwaldung überlebten. Weiter-

hin konnte dokumentiert werden, dass Generalisten sich erfolgreicher in Sekundärvegetation ansiedeln als Spezialisten. Hieraus kann gefolgert werden, dass die so genannte Nischenweite, gemessen als die Länge der vertikalen Verteilung der Arten in Bäumen, ein brauchbarer Parameter ist, um die Empfindlichkeit der Moose auf Habitatveränderungen in den Tropen abzuschätzen. Gegenwärtig erforschen Arbeitsgruppen der Abteilung Systematische Botanik im Rahmen von Projekten der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Costa Rica, Ecuador und Indonesien das Ausmaß und die Qualität der Veränderungen der Biodiversität aufgrund menschlicher Aktivitäten weiter. ◀

Literatur

Gradstein, S. R., Churchill, S. P. & Salazar Allen, N. (2001): Guide to the Bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86: 1-577.

Heinrichs, J. (2002): A taxonomic revision of *Plagiochila* sect. *Hylacoetes*, sect. *Adiantoideae* and sect. *Fuscoluteae* in the Neotropics with a preliminary subdivision of Neotropical *Plagiochilaceae* into nine lineages. *Bryophytorum Bibliotheca* 58: 1-184, Appendix 1-5.

Heinrichs, J., Groth, H., Gradstein, S. R., Rycroft, D., Cole, W. J. & Anton, H. (2001): *Plagiochila rutilans* (Hepaticae): a poorly known species from tropical America. *The Bryologist* 104: 350-361.

Heinrichs, J., Groth, H., Holz, I., Rycroft, D. S., Renker, C. & Pröschold, T. (2002): The systematic position of *Plagiochila moritziana*, *P. trichostoma*, and *P. deflexa* based on ITS sequence variation of nuclear ribosomal DNA, morphology, and lipophilic secondary metabolites. *The Bryologist* 105: 189-203.

Heinrichs, J., Rycroft, D. S. (2001): Leaf surface waxes and lipophilic secondary metabolites place the endemic European liverwort *Plagiochila atlantica* F. Rose in the Neotropical *Plagiochila* sect. *Bursatae*. *Cryptogamie, Bryologie* 22: 95-103.

Holz, I., Gradstein, S. R., Heinrichs, J. & Kappelle, M. (2002): Bryophyte diversity, microhabitat differentiation and distribution of life forms in Costa Rican upper montane *Quercus* forest. *The Bryologist* 105: 334-348.

Nickrent, D. L., Parkinson, C. L., Palmer, J. D. & Duff, R. J. (2000): Multigene phylogeny of land plants with special reference to bryophytes and the earliest land plants. *Molecular Biology and Evolution* 17: 1885-1895.

Reiner-Drehwald, M.E. (1999): Catalogue of the genus *Lejeunea* Lib. (Hepaticae) of Latin America. *Bryophytorum Bibliotheca* 54: 1-101.

Richards, P. W. (1996): *The tropical rain forest*, 2nd ed. Cambridge, U.K. (Cambridge University Press).

Wilson, E. O. (1992): *The diversity of life*. London (Penguin Books).



Prof. Dr. Stephan Robbert Gradstein, Jahrgang 1943, studierte Biologie an der Universität Utrecht. Nach seiner Promotion 1975 übernahm er dort eine Dozentur. Auslandsaufenthalte führten ihn an die amerikanischen Universitäten Cincinnati, Colorado und Michigan sowie nach Japan. 1995 wurde Prof. Gradstein an die Georg-August-Universität Göttingen auf den Lehrstuhl für Botanik berufen und Direktor des Botanischen Gartens sowie des Herbars. Für seine Forschungen im Bereich der Pflanzensystematik wurde ihm 1994 der August-Pyramus de Candolle Preis der »Société Physique et d'Histoire Naturelle« zu Genf verliehen.



Dr. Jochen Heinrichs, Jahrgang 1969, studierte Biologie an den Universitäten Düsseldorf (Diplom) und Göttingen (Promotion). Seit 2001 ist Dr. Heinrichs als Kustos des Herbariums der Georg-August-Universität Göttingen tätig. Dr. Heinrichs ist Mitglied des »Committee for Bryophyta, IAPT«.



novostar

★★★★★ **Hotel**

"Es gibt viele Gründe ein Hotel zu buchen - unser günstiger Uni- und Institutstarif sollte einer sein!"

/2 Gästezimmer (für Kurz- und Langzeitaufenthalte), ein exzellentes Frühstücksbuffet, sowie unsere Tagungsmöglichkeiten bilden einen passenden Rahmen und laden in verkehrsgünstiger Lage zum Wohlfühlen ein.

Alle Zimmer mit Selbstwahltelefon (TS/N), Faxanschluss, Radio, Farb-TV, Minibar, Schreibtisch & Pentryleuchte.

Hotel Novostar, Kasseler Landstraße 25d, 37081 Göttingen, Tel. 0551/9977-0, Fax 0551/9977-400
www.novostar.de



Ausgabe 2002/2003
560 Seiten
13,60 EUR
ISBN 3 9803983 3 1

Ein wichtiger Ratgeber für Wissenschaft und Forschung

Handbuch der Wissenschaftspreise und Forschungsstipendien *einschl.* Innovations- und Erfinderpreise

Herausgeber: *Dr. Dieter Hermann in Zusammenarbeit mit
Dr. K.P. Christian Spoth und Bernhard Lippert*
Gekrönt von: *Prof. Dr. Klaus Landfried,
Präsident der Hochschulrektorenkonferenz*

- **ALPHA** Informationsgesellschaft mbH
Finkenstraße 10
D-68623 Lampertheim
Bestellung v. Hrd. Frau Paulin
Telefax: (06206) 939-243
E-Mail: bestellung@alphawerbung.de

■ Es gibt über 1.000 Preise für die an Hochschulen, staatlichen Forschungsinstituten, in der industriellen Forschung oder an anderer Stelle tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Während eine Reihe von Preisen ein wissenschaftliches Lebenswerk auszeichnet, sind die meisten für den wissenschaftlichen Nachwuchs gedacht, zeichnen besondere Forschungsleistungen aus oder wollen ein bestimmtes Forschungsthema anregen. Zugleich werden zahlreiche deutsche und ausländische Forschungsstipendien vergeben, vor allem für Forschungsaufenthalte im Ausland (Fellowships, Awards), die sich gleichermaßen an Nachwuchs- und erfahrene Wissenschaftler/innen richten. Erfinder- und Innovationspreise für besondere Leistungen in der Angewandten Forschung und für innovative Dienstleistungen und Produkte runden die Informationen ab.

■ Die Preise und Stipendien werden mit ihren zentralen Informationen detailliert vorgestellt. In einem besonderen Kapitel werden Informationen zur Bewerbung und zur Antragsgestaltung gegeben. Über ein umfangreiches Register nach Fachgebieten, Forschungsthemen und Zielgruppen kann schnell und gründlich recherchiert werden.

Das Girokonto zum Nulltarif!

- kostenlose Kontoführung
- kostenlose Einrichtung, Änderung und Auflösung von Daueraufträgen
- kostenlose EUROCARD bei mind. 2.500 € Umsatz pro Jahr mit der Karte
- kostenlose BANKCARD cc bei mind. 60 bargeldlosen Umsätzen pro Jahr
- kostenloser Service vor Ort und online
- **Kostenloser Umzugservice - einfach und bequem**

Sparda-Bank Hannover eG
Jüdenstraße 3
37073 Göttingen
05 51 / 4 88 95-0

0,000
€

**Kassieren Sie 25 €
für jeden neu geworbenen
Giro-Kunden!**
Aktion Kunden werben Kunden.

www.sparda-b.de

Sparda-Bank

freundlich & fair



Welche dramatischen Auswirkungen die Rodung des tropischen Regenwaldes in Zentralsulawesi auf die Wasserversorgung der ländlichen Bevölkerung hat, untersuchen Wissenschaftler des Geographischen Instituts und des Instituts für Rurale Entwicklung der Georg-August-Universität Göttingen zusammen mit indonesischen Kollegen im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 552 »Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien«. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern ist dabei ein wesentlicher Bestandteil des Sonderforschungsbereiches (SFB).

Schutz des tropischen Regenwaldes – Eine globale und lokale Herausforderung

Die Bedeutung der tropischen Regenwälder für den Klimaschutz und den Erhalt der biologischen Vielfalt für zukünftige Generationen ist eine globale Herausforderung und internationale Aufgabe. Trotz staatenübergreifender Bemühungen, die auch 2002 auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg erneut bekräftigt wurden, hat der Verlust der tropischen Regenwälder in den letzten Jahren weiter zugenommen. Die Wissenschaftler des SFB 552 wollen einen Beitrag zum Schutz des Regenwaldes leisten, indem sie die Bedingungen und Prozesse untersuchen, die zu einer Stabilisierung der Randzonen tropischer Regenwälder beitragen. In diesem Beitrag wollen wir anhand einer ausgewählten Fragestellung aufzeigen, wie Landschaftsökologen und Sozialökonom in dem SFB interdisziplinär zusammenarbeiten, um die Auswirkung von Waldrodung auf die Wasserverfügbarkeit ländlicher Haushalte zu erforschen. Für die lokale Bevölkerung, die in den Waldrandzonen lebt, ist die Bedeutung und Funktion des Regenwaldes für

den Wasserhaushalt von großer Bedeutung. Wie unsere Untersuchungen zeigen, kann fortschreitende Waldrodung zu einer erheblichen Verschlechterung der Wasserqualität und zu Wasserknappheit für die Anwohner führen. Die Erforschung und Quantifizierung dieses Zusammen-

Das Dorf Nopu wurde 1968 gegründet, als sich der erste Haushalt dort ansiedelte; 1972 kam ein zweiter Haushalt hinzu. Durch mehrere Einwanderungswellen ist die Zahl der Haushalte mittlerweile auf 208 gestiegen. Bevölkerungswachstum durch Zuwanderung, insbesondere durch

Wenn im Regenwald das Wasser knapp wird...

Auswirkung der Rodung des tropischen Regenwaldes auf die Wasserversorgung der ländlichen Bevölkerung in Zentralsulawesi, Indonesien

Regina Birner, Gerhard Gerold und Manfred Zeller

hangs, die eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Landschaftsökologen und Sozialökonom erfordert, liefert wichtige Argumente für den Schutz des Regenwaldes durch die lokale Bevölkerung.

Nopu – ein Dorf am Rand des tropischen Regenwaldes

Das Dorf Nopu, in dem wir diese Untersuchungen durchgeführt haben, liegt im Palolo-Tal am Rand des Lore-Lindu-Nationalparks. Sein Wassereinzugsgebiet hat ein Ausmaß von drei Quadratkilometern und reicht von 600 m bis in 1.400 m Höhe.

Bevölkerungsgruppen aus dem Süden Sulawesi, ist ein typisches Phänomen in unserer Untersuchungsregion.

Seit etwa zehn Jahren wird am Hangfuß des Wassereinzugsgebietes von Nopu Kakao angebaut. An den Hängen wird bis zu einer Höhe von 950 m zunehmend Wald gerodet, um Brandrodungsfeldbau zu betreiben und Grundnahrungsmittel, beispielsweise Mais, anzubauen. In den darüber liegenden Gebieten ist der Naturwald noch weitgehend ungestört. Dieses Landnutzungsmuster ist typisch für unsere Untersuchungsregion. Im Gegensatz zu



Gerodeter Tropenwald
Fotos: R. Birner



Der Palu-Fluss ist für die Wasserversorgung von essenzieller Bedeutung

den vielen anderen Dörfern im Gebiet hat Nopu jedoch keine Flächen für den bewässerten Reisanbau. Neben der Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Nutzflächen ist eine gesicherte Wasserversorgung eine wichtige Voraussetzung für die Besiedlung der Region. Die Bewohner von Nopu benutzen ein traditionelles Wasserversorgungssystem, das auf Schwerkraft beruht. Oberhalb des Dorfes wird der Fluss durch einen kleinen Damm aufgestaut und das Wasser wird über einfache, aus Bambus gefertigte Leitungen zu den Häusern transportiert.

Hydrologische Untersuchungen

Die Mitarbeiter der Abteilung Landschaftsökologie des Geographischen Instituts und ihre indonesischen Kollegen haben im Wassereinzugsgebiet von Nopu drei Pegelmess-Stationen aufgebaut, die seit 2001 kontinuierlich den Abfluss und die Wasserqualitätsparameter pH, Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Trübe messen. Ferner wurden zwei Klimastationen und vier automatische Niederschlagsmesser installiert, um die klimatischen Bedingungen wie Strahlung, Temperatur, Luftfeuchte, Wind und das Niederschlagsge-

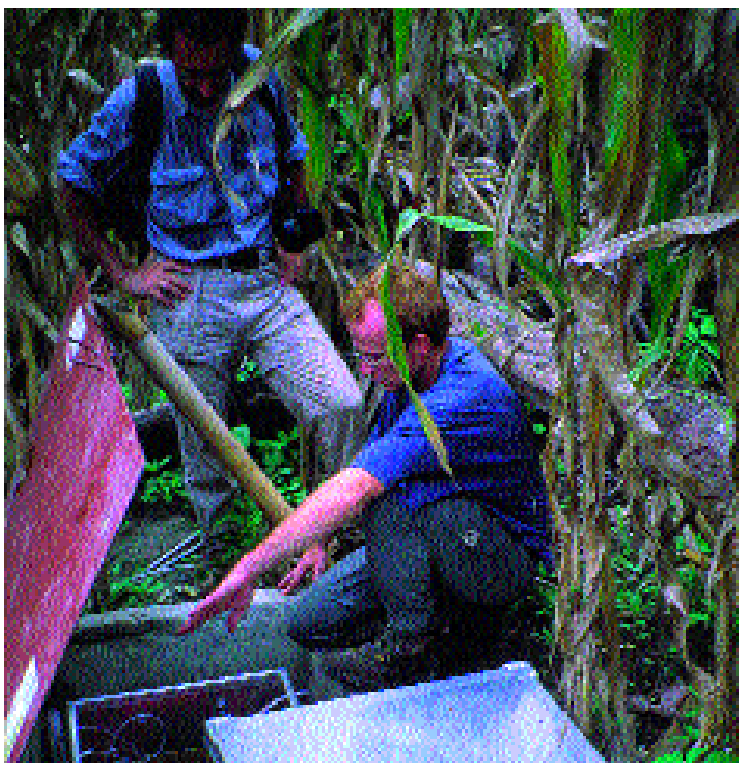
schehen mit kurzzeitig hohen tropischen Niederschlagsintensitäten zu messen. Für eine gesicherte Wasserversorgung der Dörfer sind zwei Niederschlags-Abflusszustände von großer Wichtigkeit:

- Menge, Zeitdauer und Wiederkehrintervall geringer Abflussmengen (Trockenwetterabfluss)
- Menge, Andauer und Wiederkehrintervall von Hochfluten mit hoher Belastung durch Schlamm (Sedimentbelastung) und Gefahr der Zerstörung der Wasserversorgungsinfrastruktur.

In der Nähe des Äquators sind die Niederschläge in der Regel hoch und über das ganze Jahr verteilt. Im Untersuchungsraum wurden 2001/2002 circa 2.700 Millimeter (mm) Jahresniederschlag gemessen. Im Mittel regnet es alle 1,5 Tage; es treten jedoch Regenspauern von zehn Tagen wie auch ausgesprochene Starkregen über 40 mm pro Tag auf. Damit wird eine Niederschlagssumme von 1.435 mm in 25 Tagen erreicht! Der Abfluss im Gewässer reagiert sehr schnell auf die Niederschlagsverhältnisse, so dass in niederschlagsfreien Tagen die Abflussmengen schnell auf unter $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ abfallen und bei hohen Niederschlägen das Zehnfache ($0,5$ bis $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) an Abfluss auftritt.

Die Analyse der Niederschlags- und Abflussbedingungen führt in den Inneren Tropen (Zentralsulawesi) zu folgenden ungünstigen Wasserversorgungsbedingungen:

1. Für ein Fünftel der Messperiode wurden mehr als 15 mm Niederschlag pro Tag gemessen, was zu hoher Sedimentführung und damit schlecht nutzbarem Wasser für die Haushalte führt (zusätzliche Filterung notwendig).
2. Während der Hochfluten kommt es zu kurzzeitigen Spitzenabflüssen mit $6 \text{ m}^3/\text{s}$, die die einfachen Wasserableitungssysteme verstopfen, erodieren und schädigen, so dass von der Dorf-



Hydrologische Untersuchung mit Pegelmess-Station

Interdisziplinär und international seit über 40 Jahren: Das Tropenzentrum der Universität Göttingen

(red.) Seit seiner Gründung 1963 verbindet das Forschungs- und Studienzentrum der Agrar- und Forstwissenschaften der Tropen und Subtropen der Georg-August-Universität – kurz Tropenzentrum – die Kompetenzen in den Fakultäten Agrarwissenschaften sowie Forstwissenschaften und Waldökologie. Die wissenschaftliche Arbeit konzentriert sich auf Fragen einer nachhaltigen Landnutzung in den Tropen und Subtropen und auf die Erforschung von Wechselwirkungen zwischen den Bedürfnissen der Bewohner und dem Erhalt natürlicher Ressourcen. Mitglieder des Tropenzentrums suchen beispielsweise nach Lösungen für eine Umwelt schonende Tierhaltung, nachhaltige Boden- und Landnutzung, den Zugang zu Wasserressourcen oder nach Alternativen zur Brandrodung und Abholzung tropischer Wälder.

Ein Fokus der Zentrumsarbeit liegt auf der Aus- und Weiterbildung: Seit circa 25 Jahren erhalten ausländische Studierende aus tropischen und subtropischen Ländern als angehende Agrar- und Forstwissenschaftler eine auf die Bedürfnisse ihrer Länder und Klimazonen abgestimmte Universitätsausbildung in Göttingen. Dazu wurden die internationalen Studiengänge Tropical and International Agriculture und Tropical and International Forestry sowie International Agribusiness mit den Abschlüssen Master of Science (M.Sc) entwickelt. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs gibt es die Möglichkeit, einen Doktorgrad (Ph.D.) im International Ph.D.-Program for Agricultural Science zu erwerben. Gegenwärtig werden rund 350 ausländische Studierende am Tropenzentrum betreut. Seit 2001 exportiert das Tropenzentrum Unterrichts-

einheiten an ausländische Partneruniversitäten in Asien und Südamerika im Rahmen des vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) geförderten Projekts EXPOMAT (Export von Modulen der Agrarwissenschaften in den Tropen). Die so in den Heimatländern erworbenen Leistungsnachweise werden auf der Basis des European Credit Transfer Systems international anerkannt.

Mit den umfangreichen internationalen Aktivitäten und hervorragenden Beziehungen zu zahlreichen ausländischen Partneruniversitäten wollen die Mitglieder des Zentrums einen Beitrag zur Vernetzung und zum Austausch von Fach- und Führungskräften in Wissenschaft, Entwicklungszusammenarbeit, Wirtschaft und Politik im Kontext der Agrar, Forst- und Umweltwissenschaften leisten.

gemeinschaft aufwändige Reparaturen zu leisten sind.

Mit der fortschreitenden Entwaldung kann eine zunehmende Abflussschwankung mit Erhöhung der Hochflutspitzen und vermehrtem Sedimenttransport wie auch Verringerung der Trockenwetterabflussmengen gerechnet werden. Ein Vergleich des bewaldeten Teileinzugsgebietes (Wehr 3) mit dem jung gerodeten Waldeinzugsgebiet (Wehr 2) bei einem Starkregenereignis im April 2002 zeigt über die Trübung eine Ver vierfachung der Gewässerbelastung. Im Rahmen des Projektes werden Simulationen des Abflusses und der Sedimentbelastung

durchgeführt, um die langfristige Entwicklung und damit Konsequenzen für die Wassernutzung der Bevölkerung bei weitergehender Regenwaldrodung abschätzen zu können.

Sozioökonomische Untersuchungen zur Wasserversorgung

Zusammen mit ihren indonesischen Kollegen haben die Mitarbeiter des Instituts für Rurale Entwicklung die Wahrnehmung der lokalen Bevölkerung bezüglich der Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität untersucht und den Wasserverbrauch in Nopu ermittelt. Um zu erfassen, wie die Bewohner von Nopu ihre Was-

serversorgung einschätzen, wurde im Mai 2002 eine Forschungsmethode angewandt, die sich auf die aktive Beteiligung der Bevölkerung stützt und daher als Participatory Rural Appraisal (PRA) bezeichnet wird. Dazu wurde eine eintägige Dorfversammlung durchgeführt, an der 36 Dorfbewohner teilnahmen, die verschiedene Alters- und Wohlstandsgruppen repräsentieren. Sie bewerteten gemeinsam auf einer Skala von eins bis fünf, wie sie Niederschläge, Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität im Jahresverlauf einschätzen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wasserverfügbarkeit in den Monaten Mai



Für die Ernährung der lokalen Bevölkerung spielt der Maisanbau eine wichtige Rolle – auf Kosten des Regenwaldes

und Juni als Problem empfunden wird. Die Wasserqualität wird hingegen in den Monaten März bis Mai als nicht zufriedenstellend angesehen, wobei insbesondere die durch Erosion verursachte Wasserverschmutzung Probleme bereitet.

Im Rahmen der Dorfversammlung wurde geprüft, inwieweit die lokale Bevölkerung einen Zusammenhang zwischen Waldrodung und Wasserversorgung sieht. Auf die Frage nach den Funktionen des Waldes wiesen



Bewässerter Reisanbau in der Waldrandzone

die Teilnehmer insbesondere auf die Versorgung mit Brenn- und Bauholz, die Lieferung von Rattan für den Verkauf und die Möglichkeit der Umwandlung in landwirtschaftliche Nutzfläche

In spite of international efforts, the conservation of tropical rainforests has remained a global challenge. The interdisciplinary research program »Stability of Rainforest Margins in Indonesia« (STORMA) aims to contribute to the international task of rainforest conservation by analyzing the processes and conditions under which rainforest margin areas can be stabilized. A team of scientists take the area of the Lore Lindu National Park in Central Sulawesi, Indonesia, as an example. In this contribution, we show how hydrologists and socio-economists work together

in STORMA in order to analyze the impact of watershed deforestation on water availability and quality in the village Nopu. A combination of methods has been applied, including a participatory rural appraisal, a household survey, hydrological field methods and modeling. The results show that deforestation has already led to water shortages and serious water quality problems in Nopu. These findings are communicated to local organizations with the aim of raising awareness among the local communities concerning the need for forest protection.

hin. Lediglich ein Teilnehmer erwähnte die Funktion des Waldes für Erosionsschutz und die Wasserversorgung. Untersuchungen im Rahmen des SFB-Projektes, die von Mitarbeiterinnen des Instituts für Rurale Entwicklung in anderen Dörfern in der Untersuchungsregion durchgeführt wurden, zeigen allerdings, dass das Wissen über die Funktionen des Waldes auf den Wasserhaushalt in solchen Dörfern wesentlich höher ist, in denen lokale Umweltorganisationen im Bereich Umweltbildung aktiv sind.

Um den Wasserverbrauch in Nopu abzuschätzen, wurde in einer Stichprobe von sechs Haushalten über einen Zeitraum von fünf Tagen gemessen, wie viel Wasser täglich verbraucht wird. Die Haushalte wurden nach ihrem Wohlstand in drei Gruppen eingeteilt. Um den Wasserverbrauch messen zu können, entnahmen die Haushaltsmitglieder sämtliches Wasser fünf Tage lang ausschließlich aus ihrem »mandi«, einem in Indonesien für Haushaltszwecke üblicherweise verwendeten Wassertank. Aus der Zahl der nötigen Tankfüllungen konnte dann die Wassermenge berechnet werden. Danach liegt der durchschnittliche tägliche Wasserverbrauch bei circa

190 Litern je Haushaltsmitglied, wobei in den wohlhabenderen Haushalten fast doppelt soviel Wasser je Haushaltsmitglied verbraucht wird als in den ärmeren Haushalten.

Zusätzlich zu dem Participatory Rural Appraisal und der Messung des Wasserverbrauchs wurde Nopu auch in eine größere Haushaltsbefragung einbezogen, die vom Institut für Rurale Entwicklung in einer repräsentativen Stichprobe von 300 Haushalten in zwölf Dörfern im Untersuchungsgebiet durchgeführt wurde. Auf Basis dieser Erhebung werden die sozioökonomischen Bestimmungsgründe der Bäuerinnen und Bauern in Bezug auf ihre Landnutzung mit Hilfe von so genannten ökonomischen Modellen und mathematischen Programmierungsmodellen untersucht. Um die dazu notwendigen Daten zu Einkommen und Landnutzung zu erheben, wurden die Haushalte zwischen 2000 und 2001 von einem ausgebildeten Team von zwölf Interviewern anhand eines standardisierten Fragebogens befragt. Diese Untersuchung zeigte unter anderem, dass landwirtschaftliche Erwerbszweige der Pflanzen- und Tierproduktion sowie Lohnarbeit im landwirtschaftlichen Sektor die we-

sentlichen Einkommensquellen sind. Fast zwei Drittel (63 Prozent) der Haushalte leben in absoluter Armut, zieht man die für Zentralsulawesi geltende Armutslinie als Kriterium heran. In der landwirtschaftlichen Produktion ist der Einsatz von Düngemitteln und verbessertem Saatgut kaum verbreitet, so dass geringe Hektarerträge erzielt werden und eine Steigerung des Einkommens im wesentlichen über die Ausweitung der Anbaufläche erfolgt. Die Rodung von Primärwald zur Umwandlung in landwirtschaftliche Nutzfläche hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Dies unterstreicht die Problematik einer drohenden Wasserknappheit in den Waldrandzonen unseres Untersuchungsgebietes.

Wann wird das Wasser knapp?

Die Ergebnisse der hydrologischen und der sozioökonomischen Untersuchungen werden in gemeinsamen Szenarien verknüpft werden, um die Auswirkungen der fortschreitenden Waldrodung abschätzen und Aussagen über die zukünftige Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität machen zu können. Aus den sozioökonomischen Daten lässt sich abschätzen, wie sich der Wasserverbrauch bei steigender Bevölkerung in Abhängigkeit vom Wohlstandsniveau in Zukunft entwickeln wird. In einem Szenario, in dem die Bevölkerung in der gleichen Rate weiter wachsen würde, ergibt sich beispielsweise ein Anstieg des Wasserverbrauchs in Nopu jährlich von ca. 1.600 Kubikmeter. Zur Formulierung der Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung und Waldrodung können auch weitere erhobene sozio-ökonomische Erkenntnisse über das Verhalten landwirtschaftlicher Betriebs Haushalte einfließen. Mit Hilfe der hydrologischen Modelle kann dann ermittelt werden, wie sich bei fortschreitender Waldrodung die be-



Dr. Regina Birner ist seit 1997 wissenschaftliche Assistentin am Institut für Rurale Entwicklung. Die Agrarwissenschaftlerin wurde an der Universität Göttingen im Fach Sozialökonomik der ruralen Entwicklung promoviert und arbeitet derzeit an einer Habilitation zur ökonomischen Analyse partizipativer Ansätze im Ressourcenmanagement. Dazu führt sie Fallstudien in Indonesien, Thailand, Vietnam und Guatemala durch.



Prof. Dr. Gerhard Gerold ist seit 1991 Leiter der Abteilung Landschaftsökologie im Geographischen Institut der Fakultät für Geowissenschaften und Geographie an der Universität Göttingen. Die Forschungsschwerpunkte des Geographen sind landschaftsökologische Analysen und Bewertungen, Ressourcenanalyse und -schutz in den Tropen und Subtropen sowie Wasser- und Stoffumsatz in tropischen Waldökosystemen. Dazu führt er seit über 20 Jahren Projekte in tropischen Entwicklungsländern durch.



Prof. Dr. Manfred Zeller ist seit 1999 Direktor des Institutes für Rurale Entwicklung an der Fakultät für Agrarwissenschaften der Universität Göttingen. In der Forschung des Agrarwissenschaftlers stehen internationale Schlüsselprobleme der landwirtschaftlichen und ländlichen Entwicklung im Vordergrund: Armutsbekämpfung, Ernährungs- und soziale Sicherung und die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen in Entwicklungsländern. Prof. Zeller ist Mitglied des wissenschaftlichen Beirates des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

reits jetzt auftretenden Probleme bezüglich Wasserversorgung und Wasserqualität entwickeln werden. Für die lokale Bevölkerung ist insbesondere von Bedeutung, ab wann die Wasserversorgung mit dem herkömmlichen Wasserversorgungssystem nicht mehr gedeckt werden kann. Die Ergebnisse der Szenarienmodellierung werden wir den lokalen Umweltorganisationen in unserer Unter-

suchungsregion zur Verfügung stellen, damit sie diese Erkenntnisse im Rahmen ihrer Umweltbildungsprogramme verwenden können. Wenn das Interesse der lokalen Bevölkerung an einer gesicherten Wasserversorgung zum Schutz des Regenwaldes beiträgt, können damit auch weitere Ziele, wie etwa die Erhaltung der biologischen Vielfalt im Regenwald, besser erreicht werden. ◀

Hans Feustel

Rechtsanwalt

Entenmarkt 15
37154 Northheim

Telefon: 05551-63829

SFB 552: Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien

Als am 22. September 2000 der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Prof. Dr. Ernst-Ludwig Winnacker, das physikalisch-chemische Labor an der indonesischen Universität Tadulako in der Stadt Palu eröffnete, gab er den offiziellen Startschuss zu einem besonders ehrgeizigen Forschungsvorhaben der Universität Göttingen. Nach vierjähriger Vorbereitungszeit begann der Sonderforschungsbereich (SFB) 552 »Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien« mit der Arbeit. Wissenschaftler der Georg-August-Universität Göttingen, unterstützt von Kollegen der Universität Kassel, hatten ein Projekt vorbereitet, das sich mit Landnutzung und dem Schutz tropischer Regenwälder beschäftigt und jene komplexen sozioökonomischen und ökologischen Probleme bearbeitet, welche die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen bedrohen.

Weltweit wird die Bedrohung und Vernichtung des Tropenwaldes mit Besorgnis betrachtet, sei-

ne Erforschung daher von vielen nationalen und internationalen Organisationen unterstützt. Was ist so besonders an dem Göttinger SFB, dass er von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die ersten drei Jahre seiner Laufzeit mit mehr als 3,7 Millionen Euro gefördert wird?

Um die komplexe Problematik der bedrohten Regenwälder zu erfassen, ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich, wie er bislang von keinem anderen Forschungsvorhaben vergleichbar konsequent verfolgt wurde. Die beteiligten Wissenschaftler sind überzeugt, dass nur über die Analyse der Einflussfaktoren und Wechselbeziehungen zwischen der sozialen und ökonomischen Dynamik, den ökologischen Prozessen und den Landnutzungssystemen geeignete Erkenntnisse für eine nachhaltige Nutzung durch die dörfliche Bevölkerung erarbeitet werden können. Da der Waldrand die sensible Zone des Ökosystems Regenwald darstellt, wurde dieses Gebiet in den Mittelpunkt der Untersuchungen

gestellt. Forschungsleitend ist die Hypothese, dass die Stabilität der Waldrandzone von der Stabilität der verschiedenen Landnutzungssysteme abhängt. Art und Intensität der Ressourcennutzung am Waldrand beeinflussen das Ökosystem Wald maßgeblich. Die erwarteten Ergebnisse aus der ausgewählten Untersuchungsregion Indonesiens werden von erheblicher Bedeutung für entwicklungsorientierte Organisationen sein, die in anderen Waldrandgebieten der Tropen arbeiten.

Als Forschungsgebiet wurde der Lore-Lindu-Nationalpark mit den angrenzenden Regionen auf der indonesischen Insel Sulawesi nahe der Stadt Palu ausgewählt. Der SFB besteht aus 13 Teilprojekten, die in vier Projektbereichen organisiert sind. Im Bereich »Soziale und ökonomische Dynamik« wird die kulturgeographische Entwicklung der Region sowie die soziale Sicherheit der Menschen und ihre Situation in den ländlichen Haushalten untersucht. Im Projektbereich »Wasser- und Nährstoffumsatz« wird der menschliche Einfluss auf die Wasser- und Nährstoffdynamik in der Waldrandzone erfasst. Wie sich das Artenspektrum, die Populationen von Pflanzen und Tieren sowie deren Interaktionen im Ökosystem bei Eingriffen durch Landnutzung entwickeln, wird im Projektbereich »Biodiversität« erforscht. Der vierte Bereich »Landnutzungssysteme« erfasst jene Landnutzungsformen, die maßgeblich auf die untersuchten Waldrandzonen einwirken und diese dauerhaft verändern. In einem fünften Bereich werden Service- und Infrastrukturleistungen wie Laborarbeiten, bioklimatische Messungen und das Geoinformationssystem für die Wissenschaftler bereitgestellt.

Im Regenwaldgebiet des Lore-Lindu-Nationalparks leben unterschiedliche ethnische Gruppen



Ein wissenschaftlich so ambitioniertes und organisatorisch so kompliziertes Projekt kann nur erfolgreich sein, wenn im Gastland und in der Untersuchungsregion die Institutionen und Personen umfassend informiert und integriert werden. Die indonesischen Partneruniversitäten in Bogor und Palu sind als Kooperationspartner fest eingebunden. Die Universität Bogor auf der Insel Java, zu der die Universität Göttingen seit zehn Jahren erfolgreiche Forschungsbeziehungen unterhält, gilt im gesamten südostasiatischen Raum als Exzellenzzentrum für den agrar- und forstwissenschaftlichen Bereich. Die regionale Universität Tadulako in Palu, deren Förderung zentrales Anliegen der indonesischen Regierung ist, ist der »Junior-Partner« im SFB.

Der SFB 552 wird im Tropenzentrum der Universität Göttingen, das über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der internationalen Kooperation verfügt und enge Beziehungen zu Indonesien aufgebaut hat, koordiniert. In Bogor und in Palu wurden lokale Zentralen eingerichtet, die die Wissenschaftler vor Ort betreuen und administrative und logistische Aufgaben übernehmen.

Das Projekt stellt sich der besonders großen Herausforderung hinsichtlich der Interdisziplinarität und auch im Hinblick auf die internationale und interkulturelle Zusammenarbeit und Nachwuchsförderung. Alle Teilprojekte werden in enger Kooperation zwischen deutschen und indonesischen Wissenschaftlern durchgeführt. Bei der Konzeption der Einzelprojekte waren die Partner der Universität Bogor maßgeblich beteiligt, die auch die indonesischen Doktoranden betreuen. Jedes Teilprojekt wird auf indonesischer Seite durch Wissenschaftler der Universität Bogor und Nachwuchswissenschaftler der Universität Tadulako ergänzt. Bei ei-



Maisanbau am Rande des Regenwaldes in Sulawesi

ner möglichen maximalen Förderung des SFB könnten innerhalb von zwölf Jahren rund 120 deutsche und indonesische Doktoranden ausgebildet werden. Lokale Behörden sowie verschiedene regionale Institutionen werden regelmäßig über den Fortgang der wissenschaftlichen Arbeiten informiert und eingebunden. Besonders wichtig ist jedoch das Verhältnis zur lokalen Bevölkerung. Ohne ihre Mitarbeit und Akzeptanz könnte das Projekt nicht gelingen.

Bereits nach zwei Jahren liegen wichtige Teilergebnisse des SFB 552 vor: Fraglos hat der Naturwald die größte Bedeutung für die Erhaltung der Biodiversität, aber auch Sekundärwälder und Agroforstsysteme sind für viele Arten wichtig und sollten deshalb bei der Naturschutzplanung von tropischen Landschaften berücksichtigt werden. Analysen zeigen, dass die Entwaldung des Tieflands um den Nationalpark zu einem extremen Schwund an Habitat für mehr als die Hälfte der dort lebenden Vogelarten geführt hat. Selbst wenn keine weitere Entwaldung innerhalb der Parkgrenzen stattfände, sind 25 Prozent der im Tiefland lebenden Vogelarten gefährdet. Viele Vogelarten und auch Primaten werden in hoher Anzahl in Sekundärwäldern

und schonend bewirtschafteten Waldrandbereichen gefunden, doch leider spielen solche Nutzungssysteme flächenmäßig (noch) keine Rolle. Die flächenmäßig bedeutsamen Landnutzungen wie Kakao- und Kaffeeanbau besitzen dagegen keinen Wert für die Erhaltung der regionalen Biodiversität. Ergebnisse der Sozialwissenschaftler zeigen außerdem, dass die Benutzung des Nationalparks durch Fallenstellerei, Jagd und Sammeln von Eigelegen zu einem äußerst bedenklichen Rückgang der großen Wildtiere führte.

Wie die erfolgreich begonnenen Forschungsarbeiten weitergeführt werden können, hängt von der Begutachtung durch die DFG im April 2003 ab. Prof. Dr. Gerhard Gerold, Sprecher des SFB, ist zuversichtlich: »Wir haben bereits viele wichtige Erkenntnisse gewonnen und sind damit dem Ziel der Stabilisierung dieses einmaligen Ökosystems auf Sulawesi ein großes Stück näher gekommen«. *Paul Winkler*

Dr. Paul Winkler arbeitete von 1997 bis 2000 als wissenschaftlicher Koordinator des SFB 552 »Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien« und ist jetzt als Forschungsreferent in der Abteilung Forschung der Universität Göttingen tätig.



Die Rolle einer vielfältig gegliederten Kulturlandschaft für den Erhalt der Artenvielfalt und damit verbundenen wichtigen ökologischen Funktionen erforschen Wissenschaftler des Fachgebiets Agrarökologie der Georg-August-Universität Göttingen in Mitteleuropa und vergleichend in den Tropen Indonesiens. Was geschieht, wenn intensive Landnutzung den Lebensraum der natürlichen Feinde von Schädlingen zerstört? Wie sehr schädigt, wenn der Räuber fehlt, der Rapsglanzkäfer den Raps, mit welcher Geschwindigkeit vermehren sich dann die Getreideblattläuse oder überwuchert die Ackerkratzdistel das Getreide auf den Feldern? Doch nicht nur Räuber als Gegenspieler von Schädlingen, sondern auch Bienen als Bestäuber in indonesischen Kaffeeplantagen können ihre nützliche Funktion nur dann erfüllen, wenn die umgebende Landschaft artenreiche Lebensgemeinschaften aufweist. Damit ist Ökonomie nicht zwangsläufig der Gegenspieler der Ökologie, so ein Ergebnis der Göttinger Wissenschaftler. Professionelles Management ist zum Erhalt von Artenvielfalt gefragt, und das beginnt gelegentlich mit dem Zählen von Schmetterlingen...

Biodiversität und Agrarlandschaft – ein Widerspruch?

Biodiversität wird zumeist in Ökosystemen untersucht, die nicht oder nur wenig durch menschliche Aktivitäten geprägt sind. Doch die Biodiversitätsforschung muss sich mit der Tatsache auseinandersetzen, dass es weltweit nur wenige Flecken Natur ohne Merkmale menschlicher Eingriffe gibt. In unseren gemäßigten Breiten und in den Tropen – um damit die beiden Untersuchungsregionen zu benennen, die im Folgenden aufeinander bezogen werden – sind mehr als neunzig Prozent der Fläche als Kulturlandschaft anzusprechen. Welchen Stellenwert haben die Landnutzungsflächen in unserer Kulturlandschaft für den Schutz der Artenvielfalt und für die Biodiversitätsforschung? Diese Frage ist mit dem Hinweis zu beantworten, dass in Deutschland nur etwa zwei Prozent der Fläche unter Naturschutz steht, über achtzig Prozent wird von Land- und Forstwirtschaft bestimmt. Insofern ist der größte Teil der Arten, auch der gefährdeten Arten, nur durch entsprechendes Management der Kulturlandschaft zu erhalten. Auch die meisten Naturschutzflächen erfordern ein Nutzungskonzept mit Pflegeplänen, die der Erhaltung von Offenlandbiotopen, wie zum Beispiel Magerrasen und Heiden, dienen. Die wichtige Kulturaufgabe, ein Stück Natur in seiner historischen Besonderheit zu erhalten, bedarf

Wenn der Räuber seinen Feind verliert

Pflanze-Insekt-Interaktionen und Biodiversität
in der Agrarlandschaft

Teja Tscharnitke, Christof Bürger, Sabine Eber,
Doreen Gabriel, Hella Grabe, Martin Grönmeier,
Andrea Holzschuh, Susanne Jahn,
Alexandra-Maria Klein, Stefan Klipfel, Stephanie Kluth,
Jochen Krauss, Andreas Kruess, Katrin Lehmann,
Katja Poveda, Indra Roschewitz, Susanne Schiele,
Martin Schmidt, Christian Schulze,
Ingolf Steffan-Dewenter, Friedrich Sundmacher,
Carsten Thies, Dorthe Veddele, Catrin Westphal

professionellen Managements, bei dem der Land- und Forstwirtschaft eine besondere Rolle zukommt. Damit ist, als ein Ergebnis unserer Forschung hier und in Übersee, in Mitteleuropa die Bedeutung der traditionellen Landnutzung für den Naturschutz viel stärker akzeptiert als in unserem zweiten Untersuchungsgebiet, Indonesien. In den Tropen wird agrarische oder forstliche Nutzung mit Zerstörung gleichgesetzt. Die meisten Regenwaldgebiete liegen bereits fleckenhaft in einer großräumig genutzten Landschaft, und die Organismen solcher Restwälder stehen mit der sie umgebenden Kulturlandschaft in Wechselwirkung. Dabei wird der Beitrag von tropischen Agroforstsystemen für den Artenschutz

meist übersehen, und Vorhersagen über die Folgen der Zerstörung natürlicher Wälder (Primärwälder) leiden unter dem geringen Wissen über den Habitatwert der danach entstehenden Ökosysteme. Zum Beispiel beherbergen die über hundert verschiedenen Arten von Schattenbäumen in traditionellen Kaffeeplantagen in Costa Rica ähnlich viele Insektenarten in ihrem Kronenraum wie Primärwälder. Nicht die Landnutzung an sich, sondern der Übergang von traditionellen Polykulturen mit Schattenbäumen zu einer Plantagenutzung mit unbeschatteten Kaffeemonokulturen bringt die größten Verluste an Artenvielfalt mit sich. Mit einem zweiten Aspekt der hier vorgestellten Fall-



Parantica cleona,
ein Tagfalter
mit Schwerpunkt
in tropischen
Sekundärwäldern
Fotos und Abbildungen:
Fachgebiet
Agrarökologie

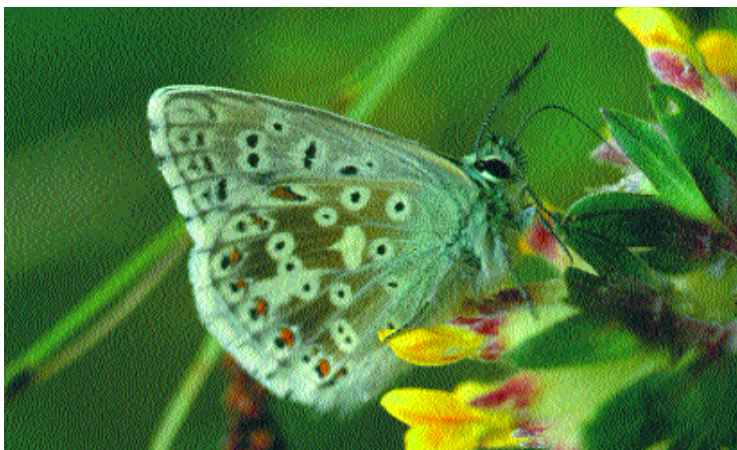
beispiele verfolgt die Göttinger Arbeitsgruppe einen in der Biodiversitätsforschung innovativen Ansatz: Untersucht wird die Verknüpfung von lokalen und regionalen Merkmalen für ein Ökosystem. Unsere These lautet, dass nicht nur die Eigenschaften des Feldes (lokale Situation) für die Lebensgemeinschaft wichtig sind, sondern auch die Interaktionen mit der Umgebung (regionale Situation), wobei strukturreiche, komplexe Landschaften die größte Biodiversität erwarten lassen.

Rückgang von Biodiversität und ökologischen Funktionen

Verluste bei der Artenvielfalt gehen mit dem Verschwinden von

Tieren und Pflanzen einher, die Aufgaben in einem Ökosystem inne haben: Wenn Räuber, Parasitoide, Zersetzer oder Bestäuber ausfallen, dann können darunter auch wichtige ökologische Funktionen in einem Ökosystem leiden, namentlich die Kontrolle von Pflanzenfressern, der Streuabbau und die Mineralisierung oder der Fruchtansatz von Kultur- und Wildpflanzen. Im Folgenden werden wir an einigen Fallbeispielen aus unserer Arbeitsgruppe die Bedeutung anthropogener Landnutzung für den Artenreichtum von Pflanze-Insekt-Lebensgemeinschaften und für biotische Interaktionen thematisieren. Die Wechselwirkungen zwischen Or-

ganismen und ihrer belebten oder unbelebten Umwelt (das sind die ökologischen Funktionen) stehen im Mittelpunkt unserer Betrachtungen und Versuche. Dabei geht es zum einen um die Diversität von Räufern sowie Parasitoiden und ihre Bedeutung für die Kontrolle von pflanzenfressenden Insekten, zum anderen um die Bestäubung von Blütenpflanzen durch soziale und solitäre Bienen. Wir geben Beispiele von unseren Arbeiten, die in der Regel im Rahmen von Promotionsvorhaben in den vergangenen drei Jahren durchgeführt wurden, aus Kulturlandschaften Mitteleuropas und den Tropen Indonesiens.



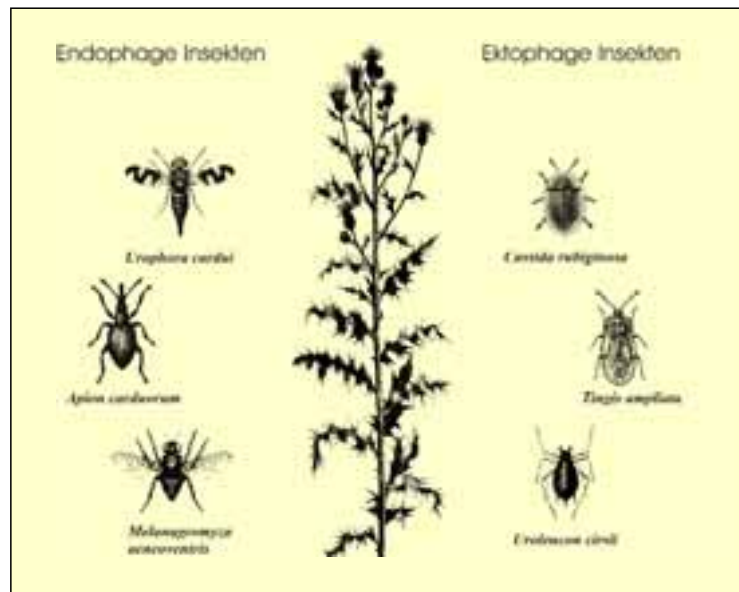
Polyommatus coridon
(Silbergrüner Bläuling),
ein Spezialist
auf Kalkmagerrasen
in Südniedersachsen

Biodiversität in Agrarökosystemen

Wir haben das Vorkommen und die Artenvielfalt von Tagsschmetterlingen in Mitteleuropa und Indonesien untersucht, da sie gern als Indikatoren für die Qualität des Lebensraums und für die Biodiversität aller Arten in einem Lebensraum genommen werden. Bei einer Analyse der Tagsschmetterlings-Lebensgemeinschaften auf Kalkmagerrasen in der Umgebung von Göttingen zeigte sich, dass der Artenreichtum mit zu-

nehmender Größe ihres Lebensraums stark ansteigt. Die Kalkmagerrasen-Spezialisten waren oft nur auf den großen Flächen anzutreffen, wohingegen die weniger spezialisierten Arten auch von der umliegenden Landschaft beeinflusst wurden. Kalkmagerrasen sind extensiv genutzte, früher vor allem durch Schafhaltung geprägte Landnutzungsflächen, die heutzutage nur noch für den Naturschutz interessant sind – und von der Landwirtschaft gepflegt werden müssen. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 552 »Stabilität von Randzonen tropischer Regenwälder in Indonesien« haben wir auch in den Tropen – auf Sulawesi (Indonesien) – Tagschmetterlinge untersucht. Die natürlichen Regenwälder beherbergen wie erwartet die größte Artenfülle, aber auch Sekundärwälder sichern einer großen Zahl der endemischen (nur auf Sulawesi vorkommenden) Arten das Überleben. Wir fanden, dass Sekundärwälder (wie sie nach dem Einschlag von Primärwäldern entstehen) und Agroforstsysteme sogar rund die Hälfte aller Arten aufweisen.

Die Struktur der Landschaft in ihrem typischen Wechsel von genutzten und ungenutzten Flächen hat auch Bedeutung für Pflanzen – in unserem Fall Ackerkratzdisteln und Ackerwildkräuter – und deren natürliche Antagonisten, das heißt für pflanzenfressende Insekten, wie das folgende Beispiel aus der Umgebung Göttingens zeigt. Unsere These: Flächen des Öko-Landbaus (lokaler Effekt) in einer strukturreichen Landschaft (regionaler Effekt) müssten die größte Biodiversität aufweisen. Ein landwirtschaftlich interessanter Befund ist, dass der Befall von Getreidefeldern mit dem gefürchteten Unkraut der Ackerkratzdistel relativ eng mit der Anzahl an Stilllegungsflächen (mit ihren hohen Distelpopulationen) im näheren Umkreis in Verbindung steht. Ebenso ist die



Insekten an der Ackerkratzdistel. Zu den endophagen (innerhalb des Pflanzengewebes lebenden) Insekten zählen Gallbildner (*Urophora cardui*), Stengelminierer (*Apion carduorum*) und Blattminierer (*Melanogromyza aeneoventris*), zu den ektophagen (außen an der Pflanze lebende) blattfressende Käfer (*Cassida rubiginosa*), saftsaugende Wanzen (*Tingis ampliata*) und saftsaugende Blattläuse (*Uroleucon cirsii*)

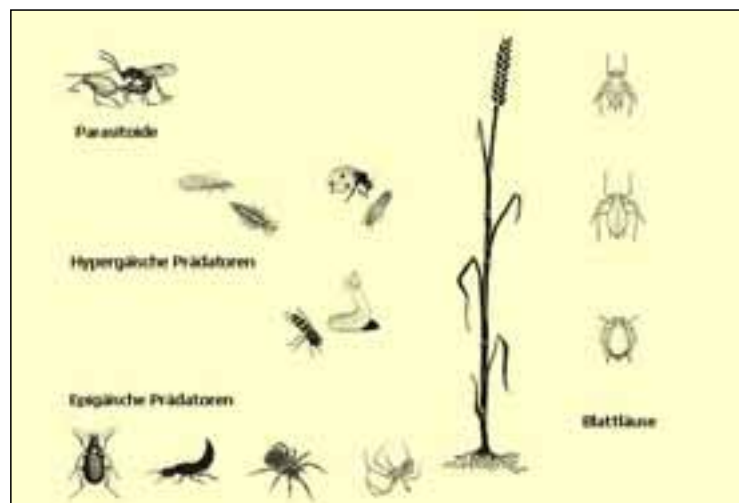
Häufigkeit der natürlichen Antagonisten dieses gefürchteten Unkrauts, der Pathogene und pflanzenfressenden Insekten, sowohl von lokalen wie regionalen Faktoren beeinflusst. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Vielfalt von Ackerwildkräutern. Sie ist nicht nur von der (lokalen) Bewirtschaftung auf dem Acker abhängig, sondern wird auch stark von der Struktur der umliegenden Landschaft bestimmt. Denn auf jährlich gepflügten Äckern müssen sich jedes Jahr die Lebensgemeinschaften neu bilden, so dass die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft stark von der Besiedlungswahrscheinlichkeit, das heißt von der Verfügbarkeit an

Populationen in der umliegenden Landschaft, abhängt.

Biodiversität und biologische Schädlingskontrolle

Welche Bedeutung haben die vielen Arten von natürlichen Gegenspielern für die Kontrolle von Schadinsekten? Ist es wirklich wichtig, die vielen Spinnen, Käfer, Schwebfliegen und Schlupfwespen zu erhalten? Diesen Fragen sind wir mit Versuchen und Beobachtungen bei Getreideblattläusen und Rapsglanzkäfern einerseits und dem Schädlingsbefall von Kakaobäumen in den Tropen andererseits nachgegangen.

Wir legten Versuche an, um die Vermehrung der Getreide-



Zu den natürlichen Gegenspielern der Getreideblattläuse gehören Parasitoiden (Schlupfwespen; Hymenoptera parasitica), räuberische Marienkäfer, Schwebfliegen und Florfliegen, welche die Blattläuse an der Pflanze attackieren, sowie die Käfer und Spinnen, die überwiegend am Boden jagen bzw. Netze bauen



Bestäubung und Fruchtansatz beim Kaffee. Honigbienen (*Apis* sp.), stachellose Bienen (*Trigona* sp.) und solitären Biene (hier *Callomegachile* sp., *Colletes* sp. und *Megachile* sp.) als drei verschiedene Bestäubergilden am Kaffee

blattläuse zu erfassen, wenn sich ihre Populationen ungehindert, ohne den Zugriff von Räubern und Schlupfwespen, entwickeln. Auf einem Hektar Getreide können Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und Spinnen immerhin mit jeweils einigen hunderttausend Individuen vorkommen, so dass Effekte unserer Untersuchungen zu erwarten waren. Dazu wurden die befallenen Pflanzen abgedeckt und dann, je nach Untersuchungsabschnitt, gruppenweise den natürlichen Feinden der Zugang ermöglicht. Tatsächlich war der Zuwachs an Getreideblattläusen zwischen der Blüte und der Milchreife sehr viel größer, wenn die auf dem Boden lebenden Spinnen und Käfer ausgeschlossen wurden. Ein dramatischer Zuwachs war zu beobachten, wenn zusätzlich ein Ausschluss der oberirdischen Gegenspieler (Schlupfwespen, Schwebfliegen, Florfliegen, Marienkäfer) erfolgte. Insbesondere die Schlupfwespen (Parasitoide aus der Familie der Blattlauswespen) erwiesen sich als sehr schlagkräftig bei der Vernichtung der Blattläuse. Bei ihnen konnte sogar gezeigt werden, dass die von ihnen verursachte Blattlaussterblichkeit (weil Blattläuse von spezialisierten Blattlausparasiten befallen werden) mit

dem Strukturreichtum der Agrarlandschaft zunahm. Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für den biologischen Pflanzenschutz zeigte sich auch beim Raps und dem Schädling Rapsglanzkäfer: In »ausgeräumten«, das heißt von vielfältigen Strukturelementen wie Hecken und Brachen befreiten Landschaften, waren die Schäden durch den Rapsglanzkäfer sehr viel größer als in strukturreichen, komplexen Landschaften. Das lag an den Parasitoiden, die in den strukturreichen Landschaften zahlreicher vorkommen und dem Rapsglanzkäfer als natürlichem Feind zu Leiberücken. Der traditionelle Blick auf die Verbesserung der lokalen Bedingungen für die natürlichen Gegenspieler auf dem Acker ist allerdings auch wichtig. In den Tropen ergab sich prinzipiell dasselbe Bild: So konnten bei Untersuchungen in indonesischen Agroforstsystemen, in denen Kakaobäume wachsen, große Unterschiede in der relativen Bedeutung der natürlichen Gegenspieler von Kakao fressenden Insekten festgestellt werden, die mit dem lokalen Management der Kulturflächen verbunden waren. Wurde die Fläche intensiv genutzt, was mit einer verringerten Biodiversität der Schattenbäume und reduzierter Beschattung einherging, nahm das Räuber-Beute-Verhältnis bei den Insekten im Kakao-Kronenraum ab. Die Kakaoschädlinge verloren ihre natürlichen Gegner und sollten sich so ungehindert vermehren können. Entsprechend sollten bei traditioneller, diversifizierter Landnutzung, bei der Kakaobäume unter einer Vielfalt von Schattenbäumen stehen, geringere Schädlingsprobleme zu erwarten sein.

Biodiversität von Blüten bestäubenden Bienen und der Fruchtansatz

Neben der natürlichen Schädlingsbekämpfung fördern divers strukturierte Kulturlandschaften auch die Bestäubung und den

Fruchtansatz, wie unsere Untersuchungen zum Wildbienenbestand zeigen. Wildbienen werden in der Agrarlandschaft immer seltener, und die Imkerei als ehemals wichtiger Erwerbszweig der Landwirtschaft geht zurück, da sie ökonomisch uninteressant geworden ist. In der Folge ist die Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen nicht mehr selbstverständlich. Da viele Pflanzenarten auf Bestäubung durch Insekten angewiesen sind, ist deren Bestand gefährdet. Um diese Hypothese zu testen, wurde von uns folgende Versuchsanordnung gewählt: In der Agrarlandschaft um Göttingen wurden Inseln aus eingetopften Pflanzen angelegt, die bis zu 1.000 Meter vom nächsten Kalkmagerrasen als Biodiversitäts-Reservoir entfernt waren. Als Topfpflanzen fungierten Ackersenf und Ölrettich, zwei auf Fremdbestäubung durch Insekten angewiesene und annuelle (auf die jährliche Reproduktion durch Samen angewiesene) Arten. Wie erwartet, nahmen mit der räumlichen Isolation der Pflanzen der Blütenbesuch durch Bienen wie auch der Samenansatz ab. Der Verlust an Bienenbesuchen ging also mit einem signifikanten Reproduktionsverlust einher. So reduzierte sich bei einer Distanz von nur 250 Metern zum nächsten Magerrasen die Samenzahl beim Ölrettich um die Hälfte. Da über 80 Prozent aller Kulturpflanzen und über 90 Prozent aller Wildpflanzen auf Fremdbestäubung angewiesen sind, stellt der zunehmende Verlust von Wildbienen und anderen Bestäubern eine große Gefahr für die Zukunft der Ökosysteme dar.

Die Bedeutung der Artenvielfalt von Bienen für den Fruchtansatz wichtiger Kulturpflanzen wird durch Untersuchungen in indonesischen Kaffee-Anbaugeländen bestätigt. Zum einen konnte experimentell (durch den Ausschluss von Blütenbesuchern mit Gaze-Beuteln) nachgewiesen werden, dass nicht nur der

Fruchtansatz des selbst-sterilen Tieflandkaffees, sondern auch der Fruchtansatz des ohne Bestäubung auskommenden (selbst-ferilen) Hochlandkaffees durch Bestäuber erhöht wird. In einem Vergleich verschieden strukturierter Kaffeeplantagen konnte ein Zusammenhang zwischen der Artenvielfalt der Bienen, nicht aber ihrer Häufigkeit, und dem Fruchtansatz des Hochlandkaffees festgestellt werden. Eine Erklärung hierfür sind die in Ausschlussversuchen, bei denen wir nur einzelne Bienenarten zu den Kaffeeblüten zuließen, nachgewiesenen Unterschiede in der Bestäubungseffizienz: Die sozialen Honigbienen und stachellosen Bienen waren zwar sehr häufig in den Agroforstsystemen, die selteneren Solitärbienen erwiesen sich aber als die besseren Bestäuber, so dass nur der Artenreichtum mit dem Bestäubungserfolg in Verbindung zu bringen war. Da die Häufigkeit und die Artenzahl der Bienen mit der Distanz zum Naturwaldrand abnahm und mit der Lichtintensität zunahm, gibt es gute Ansatzpunkte für ein Management der Bestäuber an Kaffee, einer in den Tropen wichtigen Kulturpflanze.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse machen deutlich, dass mit dem weltweiten Rückgang an Biodiversität auch ein Verlust wichtiger ökologischer Funktionen verbunden ist. Dazu gehören die biologische Kontrolle von pflanzenfressenden Insekten durch ihre natürlichen Gegenspieler und die Bestäubung von Pflanzen. Dies hat Auswirkungen auf die Struktur von Nahrungsnetzen in naturnahen Ökosystemen und auf ökonomisch relevante Prozesse wie die natürliche Kontrolle von Getreideblattläusen und Rapsglanzkäfern oder den Fruchtansatz beim Kaffee. Eine Herausforderung für die Zukunft ist es, nicht nur die lokalen Ursachen für die

Struktur von Lebensgemeinschaften zu analysieren, sondern auch die umliegende Landschaft für die Erklärung von Biodiversität und Nahrungsnetz-Interaktionen heranzuziehen. Dabei zeigte sich, dass Landnutzungsflächen durchaus – in Landschaften rund um Göttingen wie auch in den Tropen – biodiversitätserhaltend wirken, sofern sie eine abwechslungsreiche Struktur haben und es ein entsprechend kenntnisrei-



Eine ostasiatische Honigbiene (*Apis dorsata*) beim Besuch einer Kaffeeblüte

ches Management der Flächen gibt. Diesen Zielen gilt auch die weitere Arbeit unserer Gruppe. ◀

»Wir tun, was wir

lieben,



Mit dieser Überzeugung leben und arbeiten wir für Sie – Tag für Tag.

Im menschlichen Miteinander und bei der Verwirklichung Ihrer Wohntraume: Immer sind Sie der Mittelpunkt. Versprochen!

Ob Einzeilmöbel oder innenarchitektonische Gesamtkonzeption, wir sind für Sie da.

Kompetent und engagiert helfen wir Ihnen, Ihre Ideen umzusetzen.

Herzlich willkommen!

Rüdiger Ehlers

Ihr Rüdiger Ehlers

und wir lieben,
was wir

tun.«



reitemeier

Wir sind ganz auf Sie eingerichtet.

Roseweg 1 37124 Göttingen Rosdorf
Tel. 0551/500 780 - info@reitemeier.com



*Prof. Dr. Teja Tschamtké, Jahrgang 1952, studierte Biologie und Soziologie an den Universitäten Marburg und Gießen und schloss beide Studiengänge mit dem Diplom ab. 1986 wurde er im Fachbereich Biologie an der Universität Hamburg promoviert, wo er zuvor am Zoologischen Museum und Zoologischen Institut als Wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig war. 1985 wechselte Prof. Tschamtké an die Universität Karlsruhe und habilitierte sich dort 1992 im Fach Zoologie. 1993 wurde er an die Universität Göttingen auf den Lehrstuhl für Ökologie der Agrarlandschaften berufen und wurde Direktor des Fachgebiets Agrarökologie. Prof. Tschamtké ist Chefherausgeber von *Basic and Applied Ecology* und Mitglied der Herausgebergremien von *Oecologia* und *Journal of Applied Ecology*.*

■ The world-wide decline in biodiversity is related to a corresponding decline in ecological functions such as plant-insect interactions. We present evidence for the biological control of

plant-feeding insects by their natural enemies and the pollination of plants by solitary and social bees. This loss in biodiversity affects the structure of food webs in near-natural ecosystems and also

economically important ecological processes such as the natural control of cereal aphids and rape pollen beetles or the pollination and fruit set of coffee. Both the local improvement of land use inside the crop fields and the regional management of the surrounding landscape contribute significantly to a better functioning of these interactions. Landscape complexity has turned out to be a good predictor of species-rich communities and strong interactions. Damage to oilseed rape decreased in complex landscapes and coffee yield increased when the fields were situated near rain forest margins. The relative importance of local and regional management for biodiversity and ecological functions will also be the main focus of our group ■ in the near future.

Zentrum für Naturschutz (ZfN)

(red.) Das Zentrum für Naturschutz (ZfN) wurde 1995 an der Georg-August-Universität Göttingen als gemeinsame wissenschaftliche Einrichtung der Biologischen Fakultät und der Fakultäten für Geowissenschaften und Geographie, Forstwissenschaften und Waldökologie sowie Agrarwissenschaften gegründet. Das ZfN beschäftigt sich mit dem Aufdecken, Abschätzen, Vermeiden und Minimieren von Risiken, die von Menschen für Pflanzen, Tiere und deren Lebensräume ausgehen. Forschungen zur Populationsbiologie ausgewählter Arten nehmen darauf Bezug.

Das ZfN koordiniert das vom Akademischen Austauschdienst (DAAD) geförderte »Internationale Qualitätsnetz für Conservation Biology« (IQN), in dem zehn wissenschaftliche Institutionen aus

neun Ländern zusammengeschlossen sind. Weitere internationale Naturschutzprojekte in den Bereichen Biodiversität und Naturschutzinventuren sind unter anderem: Ein Biomonitoring-Programm über Wirbeltiere in den afrikanischen Ländern Elfenbeinküste und Kamerun und die Urwaldforschung des Zentrums. Dabei stehen Vergleichsanalysen zu naturnahen Ökosystemen im Mittelpunkt, wobei Eingriffsfolgen und Artengemeinschaften studiert und Managementsysteme vorgeschlagen werden. Dazu wird im Norden der Mongolei eine eigene Forschungsstation betrieben. Das ZfN arbeitet im Sonderforschungsbereich 552 in Indonesien und im Graduiertenkolleg GK 642 Wertschätzung und Erhaltung der Biodiversität in Deutschland und Guatemala mit. Außerdem beschäftigen sich Wissenschaftler des

Zentrums mit dem Thema Erfolgskontrollen im Naturschutz. Im Rahmen einer Politikfeldanalyse wird die Zweckmäßigkeit von Naturschutzinstrumenten wie Rote Listen oder die Tätigkeit von nicht staatlichen Institutionen, so genannten NGOs, untersucht.

Einen weiteren Schwerpunkt der Zentrumsarbeit bildet die Lehre, wobei das Studienfach »Naturschutz« im Rahmen der Ausbildungsgänge in den Fächern Biologie, Forstwissenschaften, Geographie, Agrarwissenschaften und Sozialwissenschaften vertreten ist. Derzeit engagieren sich 30 Professoren der Universität in der Naturschutzausbildung und bieten entsprechende Kurse und Vorlesungen an. Geleitet wird das ZfN von Direktor Prof. Dr. Michael Mühlenberg, der in Göttingen an der Biologischen Fakultät lehrt.

In »naturnahen« Wäldern herrscht bunte Artenvielfalt, in Wirtschaftswäldern Ödnis und Artenschwund – ist das wirklich so? Die Wissenschaftler des Forschungszentrums Waldökosysteme untersuchen in einer Fallstudie die Diversität von Lebensgemeinschaften in Wäldern des Sollings und kommen zu überraschenden Ergebnissen.

Im Focus der modernen Wald-ökosystemforschung steht der gesamte Wald mit seinen vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Standort, Klima, Flora und Fauna sowie menschlichen Einflüssen. Wälder stellen besonders komplexe Ökosysteme dar, mit einem hohen Grad an Vernetzung und zahlreichen Arten. Untersucht werden die Strukturen und Funktionen von Ökosystemen. Strukturelle Größen sind beispielsweise die Artenzahlen von Lebensgemeinschaften oder die Individuenzahlen von Populationen, funktionale Größen die Aufnahme und Abgabe von Nährstoffen oder die Bindung und Weitergabe von Energie.

Lange Zeit wurde der Begriff Diversität synonym zum Ausdruck Artenvielfalt verwendet. Heute hebt Biodiversität nicht nur auf die bloße Zahl der vorkommenden Pflanzen- und Tierarten ab, sondern berücksichtigt auch die Vielfalt in der genetischen Ausstattung der Organismen und die Mannigfaltigkeit der Ökosysteme in der Landschaft. Artensterben, Lebensraumveränderung und -zerstörung vermindern die Diversität, beeinflussen die Verteilung und Populationsdichte der Arten und führen so zu artenärmeren Gesellschaften. Nicht zuletzt aufgrund der globalen Veränderungen steht der Begriff Biodiversität im Zentrum aktueller Umweltdiskussionen.

Mitteleuropa wäre ohne den Menschen ein fast geschlossenes Waldland. Der Mensch hat aber nicht nur den Wald vernichtet, um Äcker und Wiesen zu bewirtschaften, sondern auch der Wald selbst ist durch den Menschen seit Jahrtausenden durch Holznutzung und Waldweide direkt, durch Einträge von Schadstoffen und durch Entnahme von Grund-

Vielfalt oder Einfalt

Zur Diversität der Pflanzen- und Tierwelt im Solling

Verena Sohns

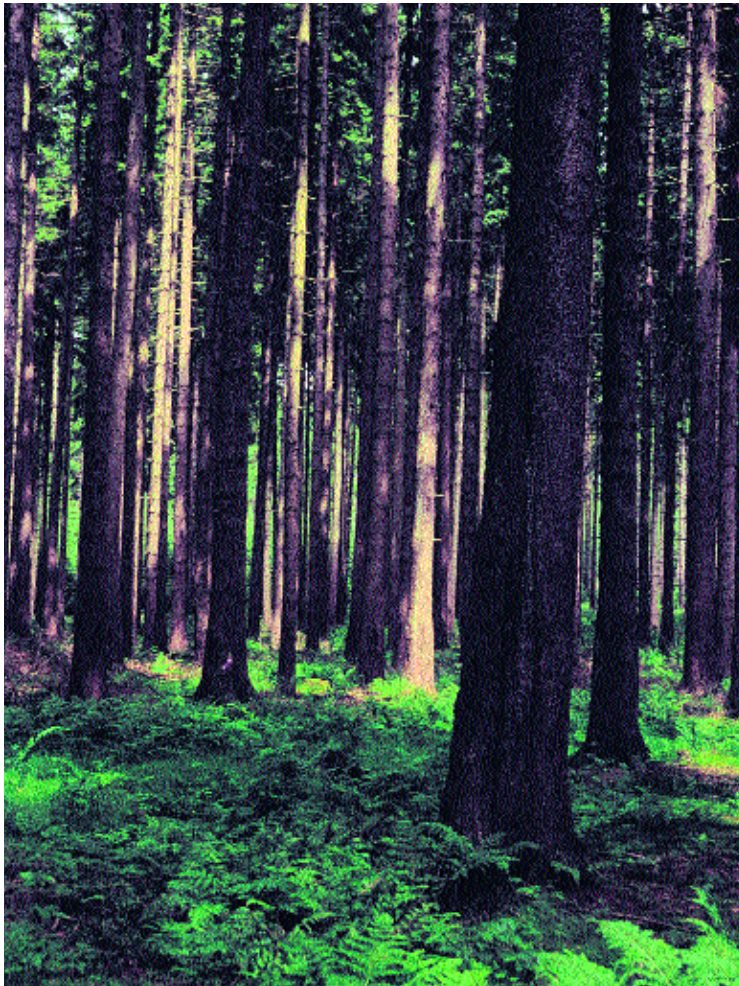
wasser indirekt verändert worden. Trotzdem stellen Wälder immer noch die naturnahsten Lebensräume unter allen Flächennutzungsformen dar und erfüllen vielfältige Funktionen.

Bei der UN-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro (1992) und der europäischen Forstministerkonfe-

renz in Helsinki (1993) standen nicht nur der Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wäldern im Mittelpunkt der Forst- und Umweltpolitik, sondern es wurde erstmalig auch die Erhaltung der biologischen Vielfalt als ein vorrangiges Ziel der Forstwirtschaft benannt. Damit wurde die



Buchenbestand im Solling
Foto: Forschungszentrum Waldökosysteme (FZW)



Fichtenbestand
im Solling
Foto: FZW

Lebensraumfunktion des Waldes zu einem zentralen Anliegen der Forstpolitik und die Erforschung der Biodiversität in Wäldern zu einer wissenschaftlichen Herausforderung.

Im Verbundprojekt »Indikatoren und Strategien für eine nachhaltige und funktionale Waldnutzung – Fallstudie Waldlandschaft Solling«, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, versuchen Wissenschaftler des Forschungszentrums Waldökosysteme (FZW), mehr Licht in die Zusammenhänge zwischen der Biodiversität und den Ökosystemfunktionen zu bringen. Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich die Diversität verändert, wenn Wälder sich selbst überlassen oder in andere Waldformen überführt werden. Das langfristige Ziel vieler Forstverwaltungen und Forstbetriebe ist

der Umbau nicht standortgemäßer reiner Nadelwaldbestände, die sich in der Vergangenheit häufig als sehr anfällig gegenüber Störungen wie zum Beispiel Windwurf, Insektenkalamitäten oder Schadstoffen erwiesen haben, in naturnahe, laubbaumreiche und möglicherweise stabilere Mischwälder. Das Wissen über die biologischen Abläufe in Mischbeständen aus Laub- und Nadelbäumen hält sich bislang jedoch in Grenzen. Für die Zukunft ist es daher eine wichtige Forschungsaufgabe, für den notwendigen Waldumbau Indikatoren abzuleiten, aus denen sich der aktuelle Zustand und die Entwicklung der Wälder ablesen und bewerten lassen. Auf die Lebensraumfunktion bezogen verfolgt der Waldumbau das Ziel, die biotische Diversität genetisch sowie auf Arten- und Lebensraumniveau zu sichern

oder zu verbessern. Damit wird beabsichtigt, eine höhere Stabilität der Waldökosysteme (ökologisch wie ökonomisch) zu erreichen. Ist aber die Artendiversität ein geeigneter Indikator, um Kriterien für eine nachhaltige Waldnutzung zu finden?

Prof. Dr. Wolfgang Schmidt und der Biologe Martin Weckesser vom Institut für Waldbau der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen haben in den Jahren 1999 und 2000 die Bodenvegetation von Buchen-Fichten-Mischwäldern im Solling mit entsprechenden Reinbeständen verglichen, um den Umbau von Reinbeständen in Mischbestände aus vegetationsökologischer Sicht beurteilen zu können. Welche Gräser und Kräuter, Farne und Moose auf dem Waldboden wachsen, hängt von vielen Faktoren ab. Dazu gehören der Boden mit seinem Wasser- und Nährstoffangebot, das Licht, welches durch die Baumkronen gelangt, aber auch Rehe und Hirsche, die manche Pflanzenarten bevorzugt fressen und damit die Konkurrenzverhältnisse stark beeinflussen. Nicht zuletzt ist es auch der Mensch, der mit der Auswahl der Waldbäume und der Bewirtschaftungsform des Waldbestandes die Zusammensetzung der Pflanzenarten im Wald mitbestimmt. Farn- und Blütenpflanzen sowie die Moose eignen sich aufgrund ihrer hohen Artenzahl, ihrer spezifischen Standortansprüche und ihrer leichten Erfassung besonders gut, um aktuelle Zustände und ablaufende Veränderungen in mitteleuropäischen Wäldern aufzuzeigen. Die Erfassung aller Pflanzenarten mit ihren Mengenanteilen geschah zunächst auf einheitlichen Grundflächen von 100 m² Größe, die Übergänge von Rein- zu Mischbeständen abbilden.

Bislang ging man bei der Bewertung von Mischbeständen davon aus, dass sie grundsätzlich

Forschungsnetzwerk für den Wald – Forschungszentrum Waldökosysteme (FZW)

(red.) Seit Mitte der 80er Jahre wurden in Deutschland Forschungsarbeiten im Ökosystem Wald vorangetrieben. Die damals gehäuft auftretenden Waldschäden hatten bei Wissenschaftlern, Politikern und in der Bevölkerung große Besorgnis ausgelöst. Im Januar 1984 entstand das »Forschungszentrum Waldökosysteme – Waldsterben« als gemeinsame wissenschaftliche Einrichtung der Forstwissenschaften, Biologie und Geowissenschaften an der Georg-August-Universität. Mit Förderung des damaligen Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und des Landes Niedersachsen wurde es 1989 zum Forschungszentrum Waldökosysteme (FZW) ausge-

baut, wobei die Umbenennung darauf hinweist, dass die Arbeiten weit über den Bereich der »neuartigen Waldschäden« hinausgehen. Das FZW initiiert und koordiniert interdisziplinäre Waldforschung und verwaltet die dazu gehörenden Projekte. Die Forschungsaktivitäten sind auf mehrere etablierte Institutionen verteilt: Insgesamt sind im FZW 15 Institute der Universität Göttingen und mehrere externe Institutionen vertreten, wie zum Beispiel die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt. Direktor des Forschungszentrums ist der Göttinger Forstwissenschaftler Prof. Dr. Friedrich Beese.

Im Mittelpunkt der aktuellen Forschung des FZW stehen die ökosystemaren Grundlagen für

Technik-Folgeabschätzungen, einschließlich Klimaänderung, bei Waldökosystemen. Damit sollen Prozess- und Prognosemodelle für die Zustandsentwicklung, zur Abschätzung von Entwicklungslinien und für konkrete Hilfestellungen zur Bewirtschaftung der Wälder erstellt werden. Handlungsempfehlungen für das forstliche Management und Risikoabschätzungen als Grundlage für politisches Handeln sind dafür Beispiele. Kooperationen bestehen mit den vier anderen deutschen Zentren der Ökosystemforschung in Bayreuth, Halle/Leipzig, Kiel und München. Darüber hinaus ist das Forschungszentrum Waldökosysteme in zahlreiche internationale Projekte eingebunden.

einen höheren Struktur- und Artenreichtum aufweisen als Reinbestände. Ein Vergleich der Artenvielfalt und der Artenzusammensetzung der Bodenvegetation zeigte jedoch, dass in den naturfernen Fichtenwäldern des Solling sogar höhere Artenzahlen zu finden sind als unter Mischbeständen oder in den reinen, naturnahen Buchenwäldern. Insbesondere in Altbeständen nehmen die Gesamtartenzahlen mit steigendem Fichtenanteil deutlich zu. Die Mischbestände aus Buche und Fichte besitzen eine höhere floristische Verwandtschaft zu den Fichten-Reinbeständen als zu den Buchenwäldern. Allerdings werden die hohen Artenzahlen in den fichtenreichen Beständen nicht durch das Auftreten von Pflanzenarten erzeugt, die gerade vom Naturschutz als besonders wertvoll eingestuft werden, da sie selten oder stark gefährdet sind. Vielmehr handelt es

sich häufig um Nichtwaldarten wie zum Beispiel die Brennessel oder den Löwenzahn, die aufgrund der starken Störung der Nadelwälder im Zuge ihrer Bewirtschaftung hier zahlreich zu finden sind. Hinzu kommen – wenn auch in geringerem Maße – typische Nadelwaldarten wie der Siebenstern, die mit dem Anbau der im Solling gebietsfremden Fichte den Weg in die nadelholzreichen Wälder gefunden haben. Auf jeden Fall zeigen die Ergebnisse deutlich, dass mit dem Umbau der großflächigen Fichtenreinbestände des Solling in Mischwälder oder in reine Buchenwälder ein Verlust an Artendiversität in der Bodenvegetation einhergehen dürfte. Allerdings ist bisher keine Art der Buchenwälder durch den Anbau von Fichten verschwunden – wenn es auch erhebliche Veränderungen in den Populations- und Vegetationsstrukturen gab.

Neben der Baumartenzusammensetzung hat die Bewirtschaftung einen großen Einfluss auf die Diversität. Seit 1972 gibt es in Niedersachsen Naturwälder – Waldflächen, die aus der Nutzung genommen worden sind. Zu diesen »Urwäldern von morgen« gehören im Solling unter anderem die Naturwälder »Limker Strang« und »Dreyberg«. Vergleiche zwischen diesen Buchen-Naturwäldern mit benachbarten Buchen-Wirtschaftswäldern zeigen, dass die Diversität der Gefäßpflanzen in Wäldern mit Holznutzung höher ist als in den unbewirtschafteten. Dafür sind in erster Linie ein erhöhtes Lichtangebot und Bodenstörungen verantwortlich, so dass auch hier Pflanzenarten des Offenlandes auftreten, ohne dass gleichzeitig typische Waldarten verschwinden. Fehlende Nutzung begünstigt ferner die konkurrenzstarke Rot-Buche (*Fagus sylvatica*), die

als schattentolerante Baumart auch die Verjüngung dominiert. So stellen viele Naturschützer heute mit Erstaunen fest, dass ehemals baumartenreiche Mischwälder aus Eichen, Hainbuchen, Linden, Eschen, Ahorn usw. in ihrem Artenreichtum deutlich abnehmen, wenn sie unter Total-schutz gestellt werden. Nur für Arten, die auf alte und tote Bäu-

sentlich artenreicher als die sie umgebenden flächenhaft ausgebildeten Waldbereiche. Auch hier sind es die mit dem Wegebau und der Wegenutzung verbundenen Störungen, die dafür sorgen, dass sich neben den typischen Waldarten zahlreiche andere Pflanzen des Offenlandes etablieren. Sie sind im geschlossenen Wald in der Regel nur selten oder

ze aus Asien, die mit ihren Schleuderfrüchten vor allem von Waldrändern und Waldwegen her viele Wälder flächendeckend erobern konnte.

Wirtschaftswälder sind somit aus vielfältigen Gründen sehr artenreich, meist artenreicher als Urwälder oder Naturwaldreservate. Diesem Gewinn an Pflanzenarten steht jedoch ein Verlust an Naturnähe, an Natürlichkeit der Wälder gegenüber. Eine Bewertung über die Artenzahlen allein bietet daher ein einseitiges und nicht besonders aussagekräftiges Bild. Erst wenn man die Arten auch qualitativ betrachtet und Referenzflächen heranzieht, ist eine Bewertung der Artenvielfalt sinnvoll. Hierzu gehört auch die Frage, ob artenreiche Wälder wirklich stabiler sind oder andere Ökosystemfunktionen aufweisen als artenarme. Pflanzen in Wäldern bilden nicht nur die Grundlage für die Stoffproduktion, sondern sind auch die Nahrungsgrundlage der im Wald lebenden Tiere und Mikroorganismen.

Prof. Dr. Matthias Schaefer, Institut für Zoologie und Anthropologie, untersucht im Verbundprojekt »Fallstudie – Waldlandschaft Solling« zusammen mit den Biologen Axel Rothländer und Alexander Sührig die Diversität der Bodenfauna. Ziel ist es, die Lebensräume und Lebensgemeinschaften in Mischwäldern mit Reinbeständen zu vergleichen. Von Interesse sind die für die Unterschiede verantwortlichen Faktoren des Bestandestyps und die Indikatoreigenschaft der »repräsentativen Taxa« für die gesamte Lebensgemeinschaft. Basierend auf diesen Ergebnissen soll der Einfluss des Bestandestyps auf die Biodiversität modelliert und die Möglichkeit von Vorhersagen des Zusammenhanges zwischen Bestandestyp und Diversität für eine größere Region geprüft werden. Zentrale Hypothese ist, dass der Bestandestyp (Reinbestand oder Mischbestand)



Bodenkundliche
Exkursion

Foto: Marc Oliver Schulz

me angewiesen sind, wie höhlenbrütende Vögel oder holzbewohnende Pilze oder Käfer, bedeutet das »Nichtstun im Wald« auch eine Zunahme an Arten.

Einen erheblichen Einfluss auf die pflanzliche Artenvielfalt in Wirtschaftswäldern haben Waldwege. Von breit angelegten Straßen bis hin zu einem engmaschigen Rückegassennetz mit unbefestigten Maschinenwegen findet man heute ein unterschiedlich ausgebautes und unterschiedlich intensiv genutztes Erschließungssystem in unseren Wäldern. Es dient der Forstwirtschaft nicht nur zum Erreichen von Arbeitsorten, dem Bringen von Arbeitsmitteln, der Lagerung und dem Abtransport des Holzes, sondern auch der Erholung von Waldbesuchern. Als »Übergangsräume« sind Wege und Wegränder – ebenso wie Waldränder – we-

gar nicht anzutreffen, werden aber durch die Bodenverwundung und die veränderten Beleuchtungsverhältnisse entlang der Waldwege und Rückegassen gefördert. Die im Wald eingesetzten Fahrzeuge sorgen im übrigen mit dafür, dass sich mit jeder Holzabfuhr Pflanzenarten rasch über große Entfernungen ausbreiten. In zwei Waldgebieten Niedersachsens, dem Göttinger Wald und im Solling, wurden die Rückegassen als streifenförmige Störungszonen vergleichend zum angrenzenden Bestand vegetationskundlich erforscht. Bei Untersuchungen über die Samen, die mit anhaftender Erde an Rückefahrzeugen transportiert wurden, fand Diplom-Forstwirtin Luise Ebrecht vor allem weitverbreitete Nichtwaldarten. Darunter befand sich auch das Kleinblütige Springkraut (*Impatiens parviflora*), eine Pflan-

Einfluss auf die Artendiversität der Fauna und die Struktur von Populationen hat.

Die Diversität der Fauna ist enorm; in einem Wald können 2.000 und mehr Tierarten vorkommen. Im Göttinger Wald wurden 1.918 Arten gezählt. Die Tierpopulationen gehören der Makro-, Meso- oder Mikrofauna an, wobei sich Pflanzenfresser (Phytophage), Streufresser (Saprohage), Fresser von Pilzen und Bakterien (Mikrophytophage) sowie Räuber und Parasiten (Zoo-phage) unterscheiden lassen. Die meisten Arten leben im Boden und konzentrieren sich auf die Streuschicht und die oberflächennahen Bodenschichten. Da es aufgrund dieser Vielfalt sehr schwierig ist, komplette Inventuren zu erstellen, gibt es wohl weltweit keinen Wald, dessen Tierwelt vollständig bekannt ist.

Die Habitatdiversität hat einen großen Einfluss auf die Artendiversität der Fauna. Waldwege und Waldränder mit ihren andersartigen Bedingungen sind auch hier von großer Bedeutung. Eine besonders große Rolle spielt in naturnäheren Wäldern das Totholz. Holzbewohnende Käfer sind besonders artenreich (über 1.000 Spezies), von denen der Großteil an Totholz gebunden ist.

Mit Hilfe von Bodenproben, Bodenfallenfängen und Fängen mit Photoektoren wurden die verschiedenen Arten erfasst und ihre Siedlungsdichten bestimmt. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf Spinnen und Käfern, es wurden aber auch viele weitere Gruppen der Gliederfüßer (Arthropoden) studiert. Bei der Auswertung ergab sich, dass die Artenzahlen der Tiergruppen miteinander positiv korreliert sind. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Diversität der gesamten Makrofauna mit Hilfe weniger Gruppen zu indizieren.

Die zoologischen Untersuchungen zeigten zum Beispiel, dass die Artenzahlen von Weber-

knechten, Spinnen, Laufkäfern und Kurzflügelkäfern in den Fichtenbeständen am höchsten sind und in Richtung Mischbestände und Buchenwälder abnehmen. Die Struktur der Bestände – vor allem die horizontale Strukturierung des Lebensraums, bedingt durch den Lichtgenuss am Boden, der damit einhergehenden Bedeckung durch die Krautschicht, aber auch durch die Mächtigkeit der organischen Auflage, der Laubstreu – haben einen signifikanten Einfluss auf die Artenzahlen und die Populationsdichten (Abundanzen) der untersuchten Tierarten.

Fichtenbestände sind im Solling nicht als naturnah anzusehen, obwohl durch sie die floristische und faunistische Diversität der Waldlandschaft insgesamt ansteigt. Hier stellt sich das Problem der Bewertung – sind naturnahe, aber artenärmere Gemeinschaften per se wertvoller als gestörte, aber artenreichere Gemeinschaften? Ist Diversität ein Wert an sich? Jedenfalls kann man gegen

Fichtenreinbestände viele Argumente anführen – die stärkere Bodenversauerung und das höhere Windwurfisiko, um nur einige zu nennen - die Artenvielfalt der Flora und Fauna gehört jedenfalls nicht dazu.

Eine nachhaltige Waldnutzung ist durch ein Forstmanagement geprägt, das sich durch vorsichtige Erntemaßnahmen, Schaffung von räumlich heterogenen Beständen mit einer mehrschichtigen Vegetation und verschiedenen Altersstadien, Belassen von Totholz und einer Ausbildung und Pflege von Waldinnen- und außenrändern auszeichnet. Eine hohe Diversität von Flora und Fauna ist keine Vorbedingung für eine nachhaltige Nutzung von Wäldern, aber auf engste mit ihr gekoppelt. ◀

Dank an Prof. Dr. Wolfgang Schmidt, Institut für Waldbau, und Prof. Dr. Matthias Schaefer, Institut für Zoologie und Anthropologie, sowie an den Direktor des Forschungszentrums Waldökosysteme, Prof. Dr. Friedrich Beese, für fachliche Unterstützung und Beratung.



Dr. Verena Sohns, Jahrgang 1970, studierte Forstwissenschaften an der Universität Göttingen, wo sie 2002 am Institut für Forstpolitik und Naturschutz promoviert wurde. Seit Beginn des Jahres ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin des Forschungszentrums Waldökosysteme tätig, wo die Forstwissenschaftlerin mit Zusatzqualifikation PR-Referentin die Öffentlichkeitsarbeit des Zentrums koordiniert.

■ Biodiversity represents not only species diversity but also genetic diversity and diversity of ecosystems. Forest development needs indicators to evaluate the conditions of forest stands. The results found understorey flora and vegetation to be suitable indicators of site conditions, habitat quality, forest dynamics and human impact on forest ecosystems. Forest sustainability cannot

be sufficiently indicated by the number of species alone. An additional (ecological or nature conservational) evaluation is necessary. In general, an increase in species diversity is related to a decrease in naturalness. With regard to fauna, it is in particular the structural heterogeneity of forests and the presence of deadwood which create the conditions ■ for high species diversity.