www.umweltethik.at

Hat die Vielfalt des Lebens auf der Erde eine Zukunft?

Stuart L. Pimm

Unter Spezies verstehen wir die verschiedenen Arten von Pflanzen, Tieren, Pilzen und Mikroorganismen. Die Wissenschaft verfügt über kein vollständiges Verzeichnis der Spezies – im Gegenteil, es scheint gesichert, dass wir für die allermeisten von ihnen keine Namen wissen. Dennoch ist es möglich, die zahlenmäßige Größe verschiedener Artengruppen abzuschätzen und nach ihrem zukünftigen Schicksal zu fragen. Das Aussterben von Spezies fand zwar schon immer statt, jetzt aber verursachen die Eingriffe des Menschen eine Aussterbegeschwindigkeit, die um das vielleicht Tausendfache über der zu erwartenden Rate liegt. Können wir die Vielfalt des Lebens retten? Meine Antwort lautet ganz entschieden 'ja'. Es gibt berechtigte Gründe für vorsichtigen Optimismus, eine Voraussetzung ist allerdings, dass wir uns selbst ändern.

Species are the various kinds of plants, animals, fungi and micro-organisms. Science does not have a complete catalogue of species – indeed, it seems certain that we do not know the names for most of them. This does not prevent estimating the numbers of different groups of species and from asking what will be their fate. While species have always gone extinct, human impacts are now driving species to extinction perhaps a thousand times faster than one would expect. Can we save life's variety? I reply with an emphatic 'yes'. There are good reasons to be modestly optimistic, but it will require us to change.

Schlüsselbegriffe: Aussterben, Hotspots, Spezies, Vielfalt des Lebens

Keywords: extinction, hotspots, species, the variety of life

Die Szene spielt am High Table des Balliol College, Oxford, zu Beginn des letzten Jahrhunderts. (Als High Table werden die Tische der Professoren bezeichnet; die Studenten sitzen auf einem tieferen Niveau, wodurch ihre als geringer eingeschätzte Bedeutung ausgedrückt wird.) Die Hauptpersonen sind Benjamin Jowett, Kleriker und Rektor des College, und der britische Biologe J. B. S. Haldane, ein anerkannter Atheist. Als Vorspiel dient eine Frage Jowetts: „Welche Schlüsse könnten wir in Bezug auf das Wesen des Schöpfers ziehen, wenn wir Seine Schöpfung untersuchen?" Und Haldanes Antwort liefert die Pointe: „Eine außerordentliche Vorliebe für Käfer." Angesichts der Tatsache, dass es mehr Insektenarten als andere Spezies gibt und dass die Käfer beinahe die Hälfte der Insektenspezies ausmachen, war Haldanes Bonmot durchaus treffend. Diese Geschichte, so wie sie Robert May (1989a) in *Nature* erzählte, stieß allerdings auf den sofortigen Widerspruch von Mark Williamson (1989), Ökologe an der University of York. Sie sei ein Ding der Unmöglichkeit, Zeit und Ort können nicht stimmen. Schließlich war Haldane noch nicht einmal ein Jahr alt, als Jowett starb. Williamson meinte mir gegenüber, dass Haldane wohl „besondere Präferenz" sagte und nicht „Vorliebe", dass er dies im Kreise von Kollegen in London, nicht Oxford, tat und dass er Betrachtungen über die Wahrscheinlichkeit anstellte, Leben (und damit Käfer) auf anderen Planeten zu finden. Mays (1989b) Entgegnung auf diese unbestreitbare Widerlegung seiner Darstellung könnte von Haldane selbst stammen: „Weltliche Beschränkungen in Zeit und Raum haben keine Gültigkeit für Geschichten über die High Tables von Oxford."

Natur und Kultur 3/2 (2002): 3-33
© Gesellschaft für ökologisch-nachhaltige Entwicklung

Während meines Studiums in Oxford habe ich Haldanes Geschichte oft und in verschiedenen Versionen gehört und ich bringe sie auch am Beginn des letzten Drittels meines neuen Buches: *The World According to Pimm: a Scientist Audits the Earth* (Pimm 2001). In diesem Buch stelle ich die wesentlichsten Fakten über die Auswirkungen des Menschen auf unseren Planeten zusammen – Land und Süßwasser im ersten Drittel, die Meere im zweiten und die Vielfalt des Lebens (oft als biologische Diversität oder Biodiversität bezeichnet) im Schlussdrittel.

Die Geschichte von Haldane ist hier sehr passend, denn seine Antwort regt uns zu mehreren Fragen an. 'Warum gerade Käfer?', lautet die erste – und davon ausgehend fragen wir uns, *wie viele* Spezies auf unserem Planeten leben, *welche* dies sind (zusätzlich zu den Käfern) und *woher* wir das wissen. Auch die 'Beschränkungen in Zeit und Raum' aus Mays Entgegnung werfen Fragen auf: *Wie lange* leben Spezies und *wo*? Auf der Grundlage meines Buches werde ich in diesem Text versuchen, Antworten auf diese Problemstellungen zu finden. Es gibt aber auch Fragen, die über das Gebiet der Wissenschaft hinausgehen. Haldanes legendäre Antwort lässt das Spannungsfeld zwischen Religion und Wissenschaft in Hinblick auf die *Ursprünge* der Vielfalt des Lebens anklingen. Zu diesem Thema werde ich mich jeglicher Äußerung enthalten. Mein Hauptgegenstand wird das *(Ver)schwinden* dieser Vielfalt sein. Die Eingriffe des Menschen verursachen das Aussterben von Arten in einer Geschwindigkeit und Größenordnung, für die es in der halben Milliarde Jahre mit fossilen Belegen des Lebens auf der Erde nur wenige Präzedenzfälle gibt. Dementsprechend groß sind die religiösen und ethischen Bedenken und wir stehen vor der Frage: Hat die Vielfalt des Lebens auf der Erde eine Zukunft? Meine optimistische Antwort lautet 'ja' – aber es wird einiger Anstrengungen bedürfen, um diese Antwort Wirklichkeit werden zu lassen.

Was ist eine Spezies?

Spezies sind die unterschiedlichen Arten von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen. Jede Spezies unterscheidet sich von allen anderen; ihre Vertreter können nur mit ihren eigenen Artgenossen fruchtbare Nachkommen zeugen, nicht aber mit Individuen anderer Arten. Was macht eine Spezies also aus? Wie viele gibt es? Und verfügen wir über ein Gesamtverzeichnis, in dem alle Spezies aufgelistet sind und in dem wir Zeitpunkt und Ort des Aussterbens jeder Spezies nachlesen können, um so den Einfluss der Menschheit zu bemessen?

Eine Spezies wird zu einer solchen, indem ein Taxonom eine wissenschaftliche Erstbeschreibung vorlegt und der Spezies einen Namen gibt. Der Grundgedanke dabei ist, dass der Name und die dazugehörende Beschreibung einmalig sind – dass diese Spezies also zuvor noch nicht benannt wurde. Die Überprüfung, ob sich das vorliegende Exemplar von denjenigen anderer Taxonomen unterscheidet, könnte freilich die Reise in viele entfernte Museen bedingen, wo die bisher beschriebenen Spezies aufbewahrt werden. Das Problem der Synonymie – dass also gleiche Arten mehrere verschiedene wissenschaftliche Namen erhalten – ist weit verbreitet. Sogar einem einzelnen Taxonomen kann seine Aufgabe so über den Kopf wachsen, dass er einem Exemplar einer von ihm schon zuvor benannten Spezies irrtümlich einen weiteren Namen zuordnet. Wir müssen davon ausgehen, dass ein Fünftel aller Namen von Insektenarten Synonyme sind. Für manche Gruppen, z.B. die Falter, trifft dies auf beinahe die Hälfte der Namen zu.

Sogar wenn man von einem vorliegenden Exemplar die Gewissheit hat, dass noch kein gleichartiges Tier benannt wurde, könnte es sich dann nicht lediglich um ein Männchen oder Weibchen einer Spezies handeln, die bereits anhand eines Exemplars des an-

deren Geschlechts beschrieben wurde? Könnte es nicht das Larvenstadium einer Art sein, von der wir die Adultform kennen? Zu wissen, wie man das Geschlecht der Individuen feststellen kann, ist zwar hilfreich, aber bei einigen Gruppen ein schwieriges Unterfangen. Es hilft auch weiter, genügend Individuen zu sammeln, um die gesamte Bandbreite von Altersstadien und Geschlechtern abzudecken. Einige Spezies zeigen Variationen in Größe, Form und Farbe im Verlauf ihres Verbreitungsgebietes, so dass ein Exemplar aus dem Norden anders aussieht als eines aus dem Süden. In Hinblick auf unseren Versuch, die Artenzahlen zu ermessen, ist es von Belang, wie viele Exemplare einer Spezies jeweils vorliegen. Und hier zeigt sich, dass wir die meisten Spezies nur anhand von einem oder allenfalls einigen wenigen Belegexemplaren kennen.

Ein Gefühl für die richtigen Annahmen kann ein Taxonom nur aus der Erfahrung gewinnen. Wir wissen, dass eine dreibeinige Maus ein Bein durch einen Unfall verloren hat, weil wir schon sehr viele Mäuse gesehen haben, die alle vier Beine hatten. Aber Erfahrung ist nicht leicht zu erlangen. Es erfordert Zeit und Anstrengung herauszuarbeiten, welche Exemplare weiblich oder männlich, jung oder alt sind, oder aus verschiedenen Teilen ihres Verbreitungsgebietes stammen.

Dabei zeigen die Taxonomen unterschiedliche Entscheidungsgewohnheiten. Manche sind von feinen Verschiedenheiten in Form, Größe und Farbe so beeindruckt, dass sie jedes Mal eine neue Spezies beschreiben, wenn sie auf eine solche Variation stoßen. Ein Botaniker in Hawaii ist dafür besonders berüchtigt. Er macht dutzende Spezies geltend, die alle außer ihm als individuelle Varianten derselben Spezies ansehen. Auch Menschen treten in einer großen Mannigfaltigkeit von Größe und Aussehen auf und haben unterschiedliche Augen-, Haar- und Hautfarben; sie sind aber nicht lauter verschiedene Spezies. Einmal mehr ist es der Mühe wert, darauf hinzuweisen, dass die Variation innerhalb der Menschheit sehr klein ist im Vergleich zu den Unterschieden zwischen Menschen, Gorillas und Schimpansen.

Vor einer zweiten Kategorie von Problemen stehen die Taxonomen, wenn sie über viele Exemplare verfügen. Dies betrifft hauptsächlich große Spezies (z. B. Vögel, Säugetiere, Echsen) oder prächtig gefärbte (z.B. Schmetterlinge, Meeresschnecken, Blütenpflanzen). Ähnliche Spezies können geographisch voneinander getrennt sein. So sind z.B. auf Hawaii oder in der Karibik auf den verschiedenen Inseln ähnliche Vogelarten anzutreffen. Handelt es sich wirklich um verschiedene Spezies oder lediglich um lokale Formen einer einzigen? Bei den Beschreibungen Ende des 19. Jahrhunderts war es Mode, jede geographisch separate Population als eigene Spezies zu benennen. Dabei wurde oft der Name des Finanziers der Expedition verwendet: Fünf Vogelarten sind nach Lord Derby benannt, ebenso viele nach den Rothschilds. Je mehr Namen zu vergeben waren, desto mehr Gönnern konnte geschmeichelt werden.

Mitte des 20. Jahrhunderts begannen die Taxonomen dieses Wuchern von Namen abzulehnen und dem Beispiel des einflussreichen Evolutionsbiologen Ernst Mayr in Harvard zu folgen. Seiner Definition zufolge (MAYR 1963) haben alle Mitglieder einer Spezies zumindest das theoretische Potential, sich miteinander erfolgreich und mit fruchtbaren Nachkommen zu paaren. Nehmen wir als Beispiel den Amakihi, einen Nektar fressenden Vogel der Inselwelt Hawaiis: Wenn die auf Maui lebenden Vögel mit jenen der Insel O'ahu zusammentreffen könnten, würden sie sich sofort verstehen. Allein, sie finden niemals zusammen – die Entfernung zwischen den beiden Inseln ist zu groß und daher ist die Entscheidung, ob man diese Population als eigene Spezies einstuft, völlig willkürlich. Jedenfalls etablierte Mayr eine neue Mode, geographisch isolierte Populationen lediglich als verschiedene Formen ein und derselben Spezies anzusehen. Ihre Namen wurden 'synonymisiert'.

Taxonomen, die dieser Ansicht folgen, werden 'lumper' genannt; ihre Gegenspieler, die jede isolierte Population als eigene Spezies werten, werden als 'splitter' bezeichnet. Die Position der 'lumper', die so lange auf dem aufsteigenden Ast war, wird jetzt durch neue Erkenntnisse aus der DNA-Analyse so stark erschüttert wie nie zuvor.

Die Unterschiede in der DNA zwischen den Amakihis auf Maui und O'ahu zu untersuchen, ist ein nahe liegender Ansatz. Da die Änderungen in der DNA einer zeitlich konstanten Zuwachsrate folgen, ist es sogar möglich den Zeitpunkt der Trennung dieser beiden Populationen zu datieren. Es funktioniert wie eine molekulare Uhr: Je länger die Isolation andauert, desto größer werden die DNA-Unterschiede. Wenn wir das Ausmaß dieser Unterschiede kennen, können wir zurückrechnen, wann sich die Vögel auf O'ahu das letzte Mal mit jenen von Maui gekreuzt haben. Die Antwort lautet auf mindestens eine Million Jahre. Vielleicht kam es zur Trennung, indem der Wind einige Vögel von der einen Insel zu anderen verwehte, wodurch eine neue Population etabliert und von der bisherigen auf ewig isoliert wurde.

Das Argument der potentiellen Kreuzbarkeit von Populationen hat seine Berechtigung, wenn man davon ausgeht, dass die Unterschiede gering und dementsprechend jungen Datums sind. Auch wenn Sie Ihren Cousin zweiten Grades seit ein paar Jahren nicht besucht haben, bedeutet das noch lange nicht, dass er nicht mehr zur Familie gehört. Trennungen seit einer Million oder noch mehr Jahren sind da freilich etwas anderes. Nach einer derartigen Zeitspanne ist vom Kreuzungspotential wohl nicht mehr viel übrig. Wäre es weiterhin gegeben, hätte es sich gewiss von Zeit zu Zeit realisiert und die Populationen hätten einige Gene ausgetauscht. Vielleicht wäre es angebracht, geographisch getrennte Populationen, die seit langer Zeit vollständig voneinander isoliert sind, als eigene Spezies anzusehen. Unter den gegenwärtigen Taxonomen findet diese Ansicht breite Zustimmung.

In solchen Fällen war es bei vielen wohlbekannten Arten (wie Vögeln und Säugetieren) die typische Reaktion eines Taxonomen des 19. Jahrhunderts, zu verkünden: 'Dies ist eine neue Spezies!' Sein Kollege aus der Mitte des 20. Jahrhunderts hätte dies geleugnet ('Nein, ist sie nicht.'), während es der typische Taxonom der Gegenwart bestätigen würde ('Doch, ist sie.'). Arten zu zählen ist also, wie man sieht, eine recht unklare Angelegenheit. Der führende Zähler ist übrigens der bereits erwähnte Professor May. Er hält fest, dass exakte Artenzählungen – eine lautete auf „1 392 485 beschriebene Spezies" – einfach nicht korrekt sein können. Die Problematik der Synonymie und der Streit zwischen 'lumpern' und 'splittern' lassen es sogar zweifelhaft erscheinen, dass der Fehler der Gesamtsumme unter 10% gehalten werden kann.

Wie viele Arten gibt es?

Vor dem Hintergrund dieser Ungewissheit präsentiert May die geschätzten Gesamtzahlen der beschriebenen Arten wie folgt: Es gibt etwa 70 000 Spezies von Pilzen, 270 000 höhere Pflanzen- und 40 000 Algenarten. Die Nematoden (kleine Würmer, von denen einige parasitisch in Pflanzen und Tieren, einschließlich des Menschen, leben) kommen auf 15 000 Spezies, die Weichtiere (Schnecken, Muscheln, Tintenfische etc.) auf 70 000. Die Gliederfüßer (Arthropoden) weisen andere Dimensionen auf: Zu ihnen gehören ca. 75 000 Arachniden- (Spinnen, Skorpione, Milben etc.) und 40 000 Krustentierarten (Krebse, Asseln, Krabben etc.) sowie die enorme Summe von 720 000 Insektenarten. Von diesen gehören 400 000 zur Ordnung der Käfer, 150 000 zu den Schmetterlingen, 130 000 sind Hautflügler (Wespen, Ameisen etc.) und 120 000 Zweiflügler (Mücken, Fliegen). Hingegen gibt es nur 10 000 Vogel- und 5 000 Säugetierspezies. Diese Arten sind uns am besten bekannt, machen aber nur einen winzigen Teil der beschriebenen Spezies aus, alle Wirbeltiere zusammen vielleicht 45 000.

May (1997) schätzt die Gesamtzahl der bekannten Spezies auf ca. 1,5 Millionen und zitiert andere Wissenschaftler, deren Ergebnisse zwischen 1,4 und 1,75 Millionen Spezies liegen. Diese Zahlen und die Gründe für ihre Unsicherheit sind aber gar nicht das Hauptproblem. Dieses lautet vielmehr: Von wie vielen Arten liegen uns noch überhaupt keine Belegexemplare vor? Hier belaufen sich sogar die niedrigsten Schätzungen auf mehrere Millionen Spezies, andere sprechen von bis zu 100 Millionen. May trifft das Wesen des Problems punktgenau: „Die Arbeitsschwerpunkte im Bereich der Taxonomie spiegeln die Vorlieben wieder, und nicht die ökologische Bedeutsamkeit." Am Beispiel Großbritanniens zeigt May (1997) dies humorvoll auf: „Sehr groß ist die Anziehungskraft der Flauschigen und Gefiederten. Die Royal Society for the Protection of Birds hat fast eine Million Mitglieder; ihr Pendant im Bereich der Pflanzen zählt hingegen ca. 10 000. Und es gibt keine entsprechende Organisation, in der sich die Anhänger der Nematoden scharen würden."

Die Ungezählten zählen

Für Wissenschaftler, die an Nematoden, Käfern oder Pilzen arbeiten, ist es eine Routineangelegenheit, 'neue' Arten zu entdecken – also solche, die noch keine Namen haben. Vielleicht ist sogar die große Mehrzahl der Spezies, die nicht im taxonomischen Trend liegen, der Wissenschaft bis dato unbekannt. Wie können wir das beurteilen? Auf welche Weise können wir den Anteil der unbekannten Spezies abzuschätzen versuchen?

Eine Möglichkeit bestünde einfach darin, erfahrene Taxonomen um eine Einschätzung zu bitten, wie groß die vor ihnen liegende Aufgabe noch sein mag. Oder wir entwickeln quantitative Methoden, um diesen wilden Mutmaßungen einen hauchdünnen Anstrich statistischer Seriosität zu verleihen.

So stellte etwa der britische Mykologe David Hawksworth (1991) Betrachtungen an, wie viele Pilzarten es wohl geben mag. Sein Gedankengang sah dabei folgendermaßen aus: Die Pilze weisen in Großbritannien eine um das Sechsfache höhere Artenzahl auf als die Blütenpflanzen. Als Folge der langen naturgeschichtlichen Tradition sind diese beiden Organismengruppen in Großbritannien gut erforscht, so dass das 6:1-Verhältnis als einigermaßen gesichert gelten kann. Nun legte Hawksworth dieses Verhältnis auf die weltweit 270 000 Spezies von Blütenpflanzen um und errechnete somit eine globale Artenzahl der Pilze von ca. 1,5 Millionen. Demgegenüber tragen derzeit erst ca. 70 000 Pilzarten einen wissenschaftlichen Namen.

May (1997) stellte Hawksworth' höchst ungewisse Zahl auf den Prüfstand. Wenn es tatsächlich 1,5 Millionen Pilzarten gibt und davon nur 70 000 mit Namen, dann sollten weltweit von allen Pilzarten nur 5% benannt sein. Nun kann man die Pilze eines wenig erforschten Gebietes sammeln und den Anteil der schon beschriebenen Spezies ermitteln: Er sollte 5% ausmachen. Um seine Schätzung zu untermauern, berichtete Hawksworth von seinen Erfahrungen in Kenia, einem Land, in dem man von einer kaum erforschten Pilzwelt ausgehen kann. In seiner Stichprobe fanden sich ca. 30% schon beschriebene Pilzarten. Das ist zwar nicht sehr viel, aber zu viel, als dass es seine Behauptung stützen könnte. Wenn 30% der Pilzarten der Welt schon benannt sind, vermindert sich die entsprechende Schätzung der globalen Gesamtzahl auf bescheidenere 0,25 Millionen Spezies.

May stellt Hawksworth kein gutes Zeugnis aus, wenn er dessen Schätzung als „im Widerspruch zu den Fakten stehend" einstuft. Auch Schätzungen über 10 oder mehr Millionen Mollusken-, Krustentier- und Wurmspezies am Grund der Ozeane steht May sehr skeptisch gegenüber. Auch den Annahmen, es gäbe dutzende Millionen Insektenarten, kann er wenig abgewinnen.

May (1997) lehnt also die am höchsten gegriffenen Summen ab und schlägt nach einer Bewertung der diversen Schätzungen und Berechnungen folgende Zahlen vor: 4 Millionen Insektenarten, eine plausible Gesamtsumme zwischen „5 und 15 Millionen Spezies" mit einem „best guess" von 7 Millionen. Letztere Zahl ist die Summe verschiedener Einzelzahlen, die wir mit der Anzahl der wissenschaftlich beschriebenen Spezies vergleichen können. May zufolge könnten die Pilze ca. 500 000, die höheren Pflanzen 320 000 und die Algen 300 000 Spezies ausmachen. Vergleichen Sie diese Zahlen nun mit den oben genannten. Sind sie korrekt, bedeutet dies, dass der größte Teil der höheren Pflanzen bereits beschrieben ist, die überwiegende Mehrzahl der Pilz- und Algenarten aber nicht.

Weiters hält May Artenzahlen von 500 000 Nematoden und 120 000 Mollusken für realistisch. Diese Gruppen sind noch wenig erforscht und die Zahlen der beschriebenen Spezies sind bei weitem geringer. Die höchste Artenvielfalt wird abermals den Arthropoden zugeschrieben: um die 500 000 Arachniden-, 150 000 Krustentier- und sage und schreibe 4 Millionen Insektenarten. Von Letzteren sind wiederum die meisten Arten Käfer – Haldane hatte also wohl Recht. Das Verzeichnis der Wirbeltiere kann als nahezu vollständig gelten: Die Gesamtsumme wird ca. 50 000 Spezies betragen.

Die letzte Grenze der Taxonomie

Die größten Meinungsverschiedenheiten in der Abschätzung der Arten-Gesamtzahl drehen sich nicht um die Pilze oder den Grund des Ozeans. Hier geht es um die letzte Grenze der Taxonomie: die Kronenregion der tropischen Regenwälder. Ein Abschnitt meines Buches (Pimm 2001) beschreibt die Erfahrungen mit der Methode, Studenten in verschiedenen Ländern etwas über Biodiversität beizubringen, indem sie ersucht werden, im Rahmen einer Wanderung in einem nahe gelegenen Wald Blätter der verschiedenen Bäume zu sammeln. Angenommen, ich würde Sie fragen, wie viele Baumarten es im Umkreis von fünf Kilometern um Ihren Wohnort gibt. Ihre Antwort würde vielleicht auf 'ein bis zwei Dutzend' lauten und deren Namen – Eiche, Kiefer, Fichte, Pappel, Linde etc. – würden vertraut klingen. Aber stellen Sie die selbe Frage einmal in Manaus, im Amazonasgebiet Brasiliens. Ich habe eine Gruppe von Botanikern befragt, die ein dortiges Schutzgebiet untersuchten. Die Antwort: 'zweitausend Baumarten.' Die Bäume dieses Schutzgebietes zu identifizieren ist sogar für einen erfahrenen Tropenbotaniker eine enorme Herausforderung.

Noch hundertmal schwieriger ist es wohl, die Insekten auf all diesen Baumarten zu identifizieren und zu zählen. Und hierin liegt die Ursache des Streits über die mögliche Gesamtzahl der Spezies. Die Krone jeder einzelnen dieser 2000 Baumspezies wird Insektenarten beherbergen, die auf keiner anderen Baumspezies vorkommen.

In Bezug auf hohe Schätzungen an Insektenarten ist Terry Erwin, Ökologe an der Smithsonian Institution, der Spitzenreiter (Erwin 1982). Er umhüllt Regenwaldbäume mit großen Plastikzelten und macht 'Kronen-knockdowns'. Er füllt die Zelte mit einem Insektizid, das alle Insekten auf diesem Baum tötet; sie fallen zu Boden und werden eingesammelt. In der Theorie klingt es sehr einfach. Auf einer einzigen tropischen Baumart wurden 1200 kronenbewohnende Käferarten gefunden. Die entscheidende Zahl ist, dass 163 davon nur auf dieser Baumart gefunden wurden. Dieser Anteil von ca. 14% wird 'Wirtsspezifität' genannt. Andere Käfer waren dagegen unspezifisch; sie lebten auch auf anderen Baumarten.

In den Tropen gibt es ca. 50 000 Baumarten. Erwin multiplizierte diese Zahl also mit 163 und kam so alleine bei den in den Kronen lebenden Käfern auf eine Zahl von acht Millionen Spezies. Da ungefähr 40% der beschriebenen Insektenspezies zu den Käfern zählen, könnte die Gesamtzahl der Insektenspezies in den Baumkronen 20 Millionen betragen. Wenn man dann noch einmal die Hälfte dieser Summe an bodenbewohnenden Insekten-

und Spinnenarten dazuzählt, landet man bei der Gesamtsumme von 30 Millionen Spezies. Das Verhältnis der Artenzahlen am Boden und im Kronenraum ist allerdings äußerst ungewiss. Erwins Schätzung könnte in diesem Punkt völlig falsch liegen, denn die detailliertesten Studien sprechen von einer um das Vierfache höheren Vielfalt am Boden. Unter Verwendung dieser Zahl kommt man schließlich auf die Schätzung von 100 Millionen Spezies. Erwins Methode besteht in einer schrittweisen Multiplikation einer Reihe großer und äußerst ungewisser Zahlen. Am fraglichsten sind dabei die 14% Käferarten, die auf einen Baum spezialisiert sind. Nimmt man hier eine kleinere Zahl an, vermindert sich das Endergebnis dramatisch.

Bei den Recherchen zu meinem Buch fragte ich den Ökologen Roger Kitching, der in den Tropen und besonders in den Regenwäldern Queenslands rund um seine Heimatstadt Brisbane forscht, um seine Ansicht zu diesen Schätzungen: Unterstützt er Mays niedrige Angaben oder Erwins hohe Zahlen? Seine Antwort (Pimm 2001): „Nach meinem Gefühl sind Mays sieben Millionen näher an der Wahrheit, meine Unsicherheit ist aber nach wie vor beträchtlich."

Dieses Unbehagen begründet er damit, dass „die meisten Feldforscher, sogar Terry Erwin, die Milben völlig verkennen und unterschätzen, da sie diese als zu schwierig aus der Analyse ausscheiden". In den subtropischen Regenwäldern in Lamington, südlich von Brisbane, sprechen die Ergebnisse von Kronen-knockdowns für eine Gesamtzahl von ca. 2000 Milbenarten. Von diesen waren 70% bisher unbekannt, sieben neue Gattungen wurden bestimmt. Und selbst diese gehören zu den besser bekannten Milbengruppen.

„Was ich über Milben gesagt habe, gilt in vergleichbarer Weise auch für Fliegen", so Kitching weiter. „Diese werden im Allgemeinen zugunsten der bekannteren und 'einfacheren' Käfer und Falter an den Rand gedrängt." Auf einem Seminar über eine Gruppe von Fruchtfliegen wurden unlängst detaillierte Studien präsentiert, wonach viele der Standardspezies eigentlich Komplexe aus vielen Spezies sind. Diese müssen nun durch sorgfältige Untersuchungen korrekt aufgetrennt werden, wodurch sich die bisherige Anzahl beschriebener Arten in einigen Fällen um das bis zu 10-fache vergrößert. „Viele der zahlenmäßig dominantesten Fliegenfamilien in den Regenwäldern zählen zu den weltweit am wenigsten bekannten, und allfällige Schätzungen müssen als äußerst zweifelhaft gelten."

Nach Kitchings Ansicht ist die angebliche Vorliebe des Schöpfers für Käfer weiterhin unbestritten, aber die Milben und Fliegen könnten höher im Kurs stehen als von den Taxonomen bisher wahrgenommen. „Die Zahlenverhältnisse der Käfer zu ermitteln und darauf Schätzungen aufzubauen, kann einfach nicht funktionieren." Mein besonderes Interesse galt seiner Meinung zu Erwins Hochrechnung auf der Basis von baumartenspezifischen Spezies. Dies ist ein Spezialgebiet von Kitching und damit steht und fällt jene höchste Schätzung der Artenzahlen. „Terry Erwins Schätzung von 14% Wirtsspezifität bei den Käfern dürfte ziemlich sicher zu hoch gegriffen sein. Realistischer erscheinen Werte zwischen 4 und 6 Prozent. Aber dieser Fehlgriff wird vom Umstand in den Schatten gestellt, dass Terry in seiner berühmten schrittweisen Multiplikation nur Bäume berücksichtigte. Hingegen ließ er Krautige, Lianen, Epiphyten, Flechten, Farne, Moose und Pilze – welch Versäumnis! – als mögliche Habitate von Insekten, Milben und Spinnen außer Acht."

Es gibt kein 'Großes Buch der Arten'

Es existiert kein Verzeichnis, weder in gebundener Form noch digital, welches die 1,5 Millionen wissenschaftlich beschriebenen Spezies auflistet. Allerdings gibt es seitens der Taxonomen ernsthafte Überlegungen in dieser Richtung (www.all-species.org). Aber selbst im Falle, dass ein solches Verzeichnis in absehbarer Zeit erstellt würde, wäre es nur

ein dünnes 'Bändchen', verglichen mit einer vollständigen Aufstellung des Lebens auf der Erde. Angenommen, May liegt mit seiner Vorhersage von insgesamt sieben Millionen Spezies richtig und die Taxonomen behalten ihr derzeitiges Tempo bei, dann sind sie mit der Aufgabe, das Verzeichnis zu vervollständigen, das heißt neue Arten zu beschreiben, weitere 600 Jahre beschäftigt. Aber wir wissen ja nicht einmal, wie lang die Liste werden soll. Es ist also einfach eine Folge der außerordentlichen Vorliebe des Schöpfers für Käfer und andere Insekten, dass wir über keine Artenzählung verfügen und dass dies auch noch längere Zeit so bleiben wird.

Hätten wir das vollständige Register, so müssten wir neben einige Eintragungen ein schwarzes Zeichen setzen und dazu das Datum, an dem diese Arten auf ewig verloren gingen. Dann könnten wir die Arten zählen und auch diejenigen, die wir ausgelöscht haben. Da aber keine derartige Liste in Sicht ist, ist ein anderer Ansatz erforderlich, um den Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt abzuschätzen.

In vielen Bereichen des täglichen Lebens ist es Routine, Bewertungen anhand unvollständiger Verzeichnisse anzustellen. Zum Beispiel wird für die Ermittlung der Lebenshaltungskosten nicht jeder Preis jeder einzelnen Handelsware herangezogen. Stattdessen treffen wir diese Abschätzungen auf der Basis einer kleinen, aber repräsentativen Auswahl vieler verschiedener Preise. Und so müssen wir auch mit den Spezies verfahren. Wir können kleine Stichproben von Arten ziehen, über die wir gut informiert sind, und uns dann fragen, wie schnell sie aussterben.

Wie viele Spezies sterben aus?

Zunächst stellt sich die Frage, woher wir wissen können, dass eine Art ausgestorben ist. Angenommen, sie stoßen beim Wandern in den Alpen auf einen Felsen mit einem Muschelfossil. Können Sie sicher sein, dass dieses nicht von einer Spezies ist, die in den Tiefen der Ozeane lebt und in irgendeiner unbeachteten Publikation beschrieben wurde? Nun, aus Jahrzehnten sorgfältiger Arbeit wissen wir heute, dass die allermeisten fossilen Spezies längst verschwunden sind. Wenn einmal ein 'lebendes Fossil' entdeckt wird – wie z.B. der berühmte Quastenflosser – ist das eine Schlagzeile wert.

Nun gut, einige Arten sind also ausgestorben. Tatsächlich wissen wir sogar, dass Spezies seit Äonen erlöschen. Was ist also heute anders? Woraus schließen wir auf die Menschheit als Ursache des derzeitigen Artensterbens? Und wie können wir überhaupt zu einem Ergebnis kommen, wenn wir für höchstens jede fünfte Art einen Namen haben?

In meinem Buch (Pimm 2001) verwende ich folgende Analogie: Sterben ist ein natürlicher Teil des Lebens. Als Individuen leben wir unser Leben und beschließen es mit dem Tod. Als Faustzahl können wir hernehmen, dass pro Jahr im Durchschnitt einer von 70 Menschen stirbt. Entsprechend der Anzahl der Stunden in 70 Jahren, sollte pro Stunde nur einer von 600 000 Menschen sterben. Wenn ich also ein Seminar für 600 Teilnehmer halte, besteht eine Wahrscheinlichkeit von 1:1000, dass während meines einstündigen Vortrages jemand im Auditorium stirbt. Indem man diese Überlegungen nun analog auf die Lebenszeiten der Spezies anwendet, erhält man eine mögliche Rechenmethode: Zunächst errechne man die durchschnittliche Dauer des Vorhandenseins, das heißt die 'Lebensspanne' einer Spezies. Daraus kalkuliere man, wie viele pro Jahr dahinscheiden sollten, und vergleiche das Ergebnis mit der tatsächlichen Aussterberate. Der Vergleich liefert ein Maß dafür, wie stark der Mensch die Lebensdauer der Arten verkürzt hat: Bei ungewöhnlichen Einflüssen wird die Aussterberate zu hoch sein. Wenn zum Beispiel bei jedem meiner Vorträge mehrere Zuhörer zu Tode kämen, würde ich eine Änderung meines Vortragsstils in Erwägung ziehen.

Wie lange leben Spezies?

Die Paläontologen verfahren bei der Katalogisierung ihrer Exemplare mit der gleichen Sorgfalt wie die Taxonomen und publizieren auch ihre Beschreibungen auf die gleiche Weise. Dabei vermerken sie auch, in welchen Gesteinsschichten eine Spezies das erste Mal zu finden ist bzw. zum letzten Mal auftritt. Anhand einer Messung des zeitlichen Abstands dieser Schichten kann die Verweildauer einer Spezies abgeleitet werden. Es gibt ein Vielzahl von Schichten. Die Hauptschichten stellen die Erdzeitalter dar: Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon, Perm, Trias, Jura und Kreide bilden eine Abfolge, die vor über 600 Millionen Jahre mit dem Auftreten der ersten Arten mit Außenskelett begann. Jede dieser Perioden dauerte im Durchschnitt etwa 60-70 Millionen Jahre, wird aber in mehrere Epochen untergliedert, die jeweils einige zehn Millionen Jahre andauerten. Nach der Kreide wird die Zeitreihe mit Paläozän, Eozän, Oligozän, Miozän, Pliozän und Pleistozän fortgesetzt. Diese dauerten jeweils um die 10 Millionen Jahre an und werden ihrerseits weiter untergliedert.

Die Berechnungen der Lebensspannen fossiler Spezies in den publizierten Verzeichnissen legen dar, dass die meisten Fossilien in nur einer Schicht gefunden werden. Eine typische Eintragung könnte z.B. lauten, dass eine Art im Mittleren Miozän aufgetreten ist, einer Unterepoche, die fünf Millionen Jahre andauerte. Die schwierig zu beantwortende Frage lautet nun: Hat die Art diese gesamte Zeitspanne überdauert oder nur einen Teil davon? Wir können es nicht wissen. Historiker der Zukunft könnten über Aufzeichnungen verfügen, dass Sie im 20. und 21. Jahrhundert gelebt haben. Aber ihr Leben wird nicht 200 Jahre gedauert haben! Aus diesem Grund werden aus solchen Verzeichnissen abgeleitete Lebensspannen für Spezies oft zu hohe Werte annehmen.

Eine Möglichkeit zur Abschätzung der Verweildauer einer Spezies könnte darin bestehen, die Gesteine selbst herzunehmen und direkt die Höhe der entsprechenden fossiltragenden Schicht zu messen. Diese Methode würde wohl zu kurze Lebensspannen ergeben. Nehmen wir z.B. eine exponierte Felswand in den Alpen. Es wäre vielleicht nicht sonderlich schwierig, Exemplare einer fossilen Spezies von den ältesten (untersten) bis zu den jüngsten (obersten) Felsschichten zu sammeln. Es bleiben aber zwei komplizierte Fragen bestehen: Kommt dieses Fossil anderswo auch in älteren Schichten vor? Oder hat die Art irgendwo bis in jüngere Epochen überdauert? Nur wenn beide Fragen eindeutig mit 'nein' beantwortet werden können, ist die Schätzung der Lebensspanne korrekt. Diesbezügliche Sicherheit wird zumeist durch die beschränkte Verfügbarkeit exponierter Felswände verhindert.

Zusammengefasst heißt dies, dass die Schätzungen der Lebensspannen von Arten anhand von Felsuntersuchungen zu kleine Werte, jene auf der Basis der Verzeichnisse hingegen zu hohe Werte ergeben werden – das gilt insbesondere für die frühesten Erdzeitalter, die nur wenig aufgearbeitet sind. Die kataloggestützten Ergebnisse sprechen von durchschnittlichen Spezies-Lebensspannen von fünf bis zehn Millionen Jahren – also in etwa die typische Länge einer geologischen Teilepoche. Felsengestützte Untersuchungen ergeben kürzere Verweilzeiten. Fossilien von Land-Wirbeltieren sind verhältnismäßig rar, und je seltener Funde einer Spezies sind, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass die Paläontologen ihr erstes und letztes Exemplar finden werden, und desto kürzer wird ihre Lebensspanne erscheinen. Für die meisten Nagetierarten wird diese mit ein paar hunderttausend Jahren angegeben. Gleiches gilt für die Pferdeartigen. Auf etwas längere Abschnitte brachten es die Insektenfresser (z.B. Spitzmäuse) mit durchschnittlich einigen Millionen Jahren pro Art. Wie lange ist die typische Verweilzeit einer Art und warum leben manche kürzer als andere? Das sind faszinierende und grundlegende Fragen über das Leben auf der Erde, für mein Thema aber nur am Rande von Interesse. Hier reicht eine

grobe Schätzung, und diese lautet, dass jede Spezies ungefähr eine Million Jahre überdauert – vielleicht länger, aber sicher nicht wesentlich kürzer (May 1997; Pimm et al. 1995a; Pimm 2001).

Die molekulare Uhr ablesen

Wir können diese durchschnittliche Lebenszeit einer Spezies auch überprüfen, indem wir fragen, wie häufig Spezies geboren werden. Kehren wir zur Analogie mit dem Menschen zurück: Wenn Sie verschiedene Menschen fragen, wie alt ihre lebenden Brüder und Schwestern sind, können die Antworten von 'neugeboren' bis 'über 100' alles enthalten und das durchschnittliche Alter wird ungefähr eine halbe Lebensspanne ausmachen. Diese wird für Arten wie z.B. Mäuse, die schnell leben und jung sterben, nur ca. sechs Monate betragen. Für Redwood-Bäume muss man halbe Lebensspannen hingegen in Jahrhunderten messen. Im Wesentlichen sind die Lebensjahre Ihrer Verwandten ein Hinweis darauf, welche Dauer Sie für Ihr eigenes Leben erwarten können.

Auch Arten haben nähere und fernere Verwandte im evolutionären Netz. Vor wie langer Zeit haben sich zwei Spezies – im Fachjargon der Taxonomen tatsächlich 'Schwestertaxa' genannt – aus ihrer 'Mutterspezies' – wiederum ein Fachbegriff – herausentwickelt? Anhand einer Extraktion und Analyse der DNA aus Gewebe der beiden Arten kann man ihre genetischen Unterschiede feststellen. Die Ansammlung dieser Unterschiede in der DNA verläuft wie das kontinuierliche Ticken einer Uhr. Je mehr Zeit seit der Speziation vergangen ist, desto größer sind die Unterschiede. Wie schnell tickt die molekulare Uhr? Manche Auftrennungen können anhand geologischer Ereignisse zeitlich zugeordnet werden, z.B. nach der Ausbildung der Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika und der damit einhergehenden Trennung von Pazifik und Karibik. Es können genügend Fossilien vorhanden sein, um die Artentrennung zu datieren.

Was die Säugetiere betrifft, so sprechen die Untersuchungen an Carnivoren (z.B. Füchsen und Löwen) und Primaten (Affen und Menschen) dafür, dass die durchschnittliche Entstehungszeit der gegenwärtigen Spezies ca. eine Million Jahre zurückliegt, was auf eine Lebensspanne dieser Arten von ca. zwei Millionen Jahren schließen lässt – eine Größenordnung also, die mit jener bei Fossilien in groben Zügen vergleichbar ist (Pimm et al. 1995a).

Was geschieht bei einem Babyboom? Unsere Verwandtschaft vergrößert sich stark. Das kann einen Bevölkerungszuwachs bedeuten, bzw. analog dazu eine rasche Abfolge der Entstehung neuer Spezies. Diese können über die gewöhnliche Lebensdauer verfügen oder auch nicht. Vielleicht leben wir ja gerade in einem Zeitalter, das in großer Zahl Spezies in die Welt setzt, die aber von der Natur dazu bestimmt sind, weniger lang zu überdauern als ihre Vorgänger.

Ein ganz wesentlicher Vorteil der Datierung von Artenentstehungen anhand der molekularen Uhr liegt darin, dass diese Methode für alle Spezies, ob selten oder verbreitet, gleicht gut funktioniert. Sie lässt sich z.B. bei Vögeln anwenden, von denen wir wenige Fossilien besitzen, aber viel über ihr Aussterben in der jüngeren Geschichte wissen. Manche sind der Meinung, dass die Vögel gerade einen solchen Babyboom erleben. So finden sich etwa in Nordamerika viele Paare aus sehr ähnlichen Arten, die in den Wäldern auf jeweils einer Seite der zentralen Prärien leben. Es gibt den westlichen Bluebird (*Sialia mexicana*) und den östlichen Bluebird (*Sialia sialis*). Ebenso finden sich z.B. westlicher und östlicher Waldtyrann (*Contopus sordidulus* bzw. *Contopus virens*) oder Ost- und Westkreischeule (*Otus asio* bzw. *Otus kennicottii*) – eine große Zahl an Paaren aus verschiedenen Vogelgruppen, deren Entstehung einem einzigen, einfachen Vorgang zugeschrieben wurde.

In dieser Schöpfungsgeschichte hatte jedes Paar ursprünglich eine Elternart, deren Verbreitungsgebiet die gesamte Breite des Kontinents umfasste. Dann kam das Gletscher-Skalpell der Eiszeit im späten Pleistozän und zertrennte jede dieser Arten in eine westliche und eine östliche Art. Als sich das Eis vor nur 10 000 Jahren wieder zurückzog, hatten sich die Schwestertaxa stark genug auseinander entwickelt, um den Taxonomen als getrennte Arten zu gelten. All diese Arten Nordamerikas seien also nichts als das Resultat eines zufälligen Babybooms. Sofort stellten sich Kommentare ein, welche die derzeitigen hohen Aussterberaten als natürlichen Rückschnitt dieses evolutionären Auswuchses einstuften. In Wirklichkeit ist die Babyboom-Vorstellung jedoch falsch. John Klicka und Bob Zink (1999) von der University of Minnesota bewiesen anhand molekularer Daten von 35 dieser Artenpaare, dass ihre Trennung vor durchschnittlich 2,45 Millionen Jahren stattgefunden hatte. Das einst so plausible Szenario von Babyboomer-Arten aus der Eiszeit wurde also von der Molekulartechnologie falsifiziert; die Spezies sind zu alt dafür. Sie erwiesen sich sogar als deutlich älter als die eine Million Jahre, die ich als Richtgröße vorgeschlagen habe. Dieser kleine Abstecher in das Gebiet der Schwesterarten lieferte uns also einen weiteren Baustein für das immer noch wackelige Theoriegebäude, wonach die durchschnittliche Spezies-Lebensspanne mit einer Million Jahre, vielleicht noch mehr, anzusetzen ist.

Todesanzeigen

Wenn wir also durchschnittlich 70 Jahre zu leben haben, dann wird – wiederum im Durchschnitt – pro Jahr einer von 70 Menschen sterben. Umgelegt auf Spezies mit einer Lebensdauer von einer Million Jahren bedeutet das, dass von einer Million Arten pro Jahr nur eine einzige aussterben sollte. Wie hoch ist nun die *tatsächliche* Aussterberate? Um wie viel haben wir sie erhöht? Ein Großteil der mehr als eine Million beschriebenen Arten entzieht sich diesbezüglich unserer Kenntnis. Diese Arten wurden einmal gesammelt, in Museumsvitrinen gesteckt und danach nie wieder in freier Wildbahn gesehen. Und dann gibt es da natürlich die noch größere Zahl an Spezies, die überhaupt niemals gesammelt wurden. Für die Vögel hingegen – jene winzige Tiergruppe, der Millionen Menschen so große Aufmerksamkeit zuteil werden lassen – können wir die obigen Fragen beantworten. Wenn eine Vogelart erlischt, geben wir uns nicht damit zufrieden, einfach das schwarze Zeichen neben ihre Eintragung im globalen Artenregister zu setzen – wir verfassen ihren Partezettel. Bei den Vögeln können wir also vergleichen, in welchen Abständen wir Todesanzeigen schreiben und in welchen Intervallen wir dies natürlicherweise tun müssten.

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie in der Zeitung von einer Vogelart lesen, die zu Ihren Lebzeiten ausgestorben ist? Das globale Verzeichnis weist 10 000 Vogelspezies aus, also sollte bei einer Rate von einem Aussterben pro Million Arten und Jahr alle hundert Jahre eine Vogelart aussterben (bzw. noch seltener, wenn die korrekte Richtgröße der Lebensspanne bei mehreren Millionen Jahren läge). Das ist ein Ereignis, dass während der Lebenszeit eines Menschen auf dem gesamten Planeten seltener als einmal stattfindet – eine Geschichte, die Sie noch Ihren ungläubigen Enkeln erzählen können (Pimm 2001).

Nun gilt es zu klären, ob menschliche Einflüsse dieses höchst seltene Vorkommnis zu einer deutlich häufigeren Angelegenheit gemacht haben. Ist das zutreffend, dann sieht sich die Menschheit einer Anklage gegenüber, die auf irreversible Verminderung der Vielfalt des Lebens auf der Erde lautet. Wenn ich diese Klage als 'Weltanwalt' führen wollte, wo würde ich nach Beweisen Ausschau halten? Natürlich ist es einfacher, frische Verbrechen aufzuklären als lange zurückliegende. Wo wurden die Missetaten also erst vor kurzem begangen? Während die Menschen in Afrika schon seit etwa einer halben Million Jahre leben und auch die amerikanischen Kontinente schon seit mehr als 10 Millenien

bevölkern, haben wir erst vor ca. 1000 Jahren so entlegene Inseln wie Hawaii erreicht (Pimm 1995). Sehen wir uns also dort einmal um.

Das Arbeits- und Ehepaar Storrs Olson und Helen James (Olson u. James 1991; James u. Olson 1991) von der Smithsonian Institution in Washington D.C. hat auf den hawaiianischen Inseln die Knochen von 43 Vogelarten gefunden, die bald nach der Ankunft der Polynesier verschwanden. Diese töteten die großen Vögel für Nahrungszwecke und brachten Schweine und Ratten auf die Inseln mit, die mit den Vogelgelegen kurzen Prozess machten. Diese bekannten Verluste sind aber nur ein Teil der Geschichte. Vogelknochen sind zerbrechlich und zerfallen leicht, so dass anzunehmen ist, dass Olson und James viele weitere Arten nicht finden konnten. Wie aber können wir etwas zählen, das wir nicht kennen?

Gemeinsam mit Michael Moulton, einem Ornithologen der University of Florida, fand ich einen möglichen Weg, dieses Problem zu umgehen (Pimm et al. 1995b). Neben den 43 Spezies, von denen nur die Knochen bekannt sind, fanden Olson und James auch die Knochen solcher Arten, die die Ankunft des Menschen überlebten und lange genug Bestand hatten, um von Taxonomen beschrieben zu werden. Sie fanden allerdings nicht Knochen *aller* überlebenden Spezies, sondern nur von ca. der Hälfte. So aufreibend ihre Arbeit auch war, sie konnten bei ihrer Erhebung keine größere Vollständigkeit erzielen. Wenn sie also die Hälfte der Arten fanden, welche die polynesische Besiedelung überlebten, dann konnten sie vielleicht auch nur die Hälfte der untergegangenen Arten feststellen. So wären zu den 43 ausgestorbenen Spezies, die anhand ihrer Knochen bekannt sind, noch einmal ca. 43 hinzuzurechnen, die noch ihrer Entdeckung harren.

Auf die gleiche Weise wiederholten Moulton und ich unsere Berechnungen für andere Pazifikinseln (Pimm et al. 1995b). Demnach rotteten die Polynesier im Zuge ihrer Kolonisation des Pazifiks, von Neuseeland nordwärts bis Hawaii und ostwärts bis zur Osterinsel, zwischen 500 und 1000 Vogelarten aus. Nachdem wir unsere Kalkulationen abgeschlossen hatten, traf ich auf einem Wissenschaftskongress in San Francisco im folgenden Frühjahr David Steadman, der ebenfalls Ornithologe an der University of Florida ist und nach Knochen in dieser Region gegraben hatte. Auf meine Präsentation unserer Berechnungen reagierte er mit einem kategorischen 'Da liegen Sie falsch'. Zuerst dachte ich, er wäre nur gereizt, weil er nicht hören wollte, dass er so viele Knochen nicht gefunden habe. In engen Höhlen und schlammigen oder staubigen Löchern herumzukriechen, um Knochen auszugraben, ist schließlich kein Honiglecken. Aber Steadman (1995) wollte auf etwas anderes hinaus: „Alleine aus der Familie der Rallen könnten im Pazifik 2000 Arten verschwunden sein."

Steadman sollte es wissen. Er und seine Kollegen haben Dutzende der ca. 800 pazifischen Inseln untersucht, von kleinen Atollen wie der Tongainsel Lifuka bis zu großen vulkanischen Inseln wie Hawaii. Auf jeder Insel war zumindest eine Rallenart festzustellen, entweder noch lebend oder anhand der Knochen, auf den größeren Inseln sogar mehrere. Aus diesen Beobachtungen folgerte Steadman, dass jede Insel ihre eigene Rallenspezies gehabt haben musste und dass die größeren Inseln mehrere Arten beherbergten. Da nur wenige bis heute überlebten, kam er auf seine Schätzung von 2000 Ausrottungen. Auch andere pazifische Vogelarten sind verschwunden. Außer auf den entlegensten Inseln gab es überall eigene Tauben und Papageien. Als große, fleischreiche und mitunter flugunfähige Vögel haben sie wohl die perfekte Beilage zu Poi abgegeben, einem rötlichen Brei aus der Tarowurzel, dem Grundnahrungsmittel der Polynesier. Wir müssen sie zur Gesamtzahl dazurechnen. Weiters gab es da noch die großen Moas in Neuseeland, heute ebenfalls ausgerottet. Und Steadman konnte die kleinsten Vogelarten nicht berücksichtigen, da deren Knochen nur sehr selten erhalten bleiben.

Die Polynesier benötigten nur wenige Jahrtausende, um den Pazifik zu besiedeln, wobei sie dank ihres ausgezeichneten Navigationsgeschickes auch die entlegensten Inseln erreichten. Obwohl sie nur Holz-, Stein- und Muschelwerkzeuge kannten, rotteten sie einige hundert Spezies aus, bzw. Steadman zufolge sogar mehrere tausend. Nehmen wir einmal 1000 als Kompromisszahl an. Das sind ganze 10% aller Vogelarten weltweit. Die sehr beachtenswerte Schlussfolgerung daraus lautet, dass Aussterberaten in zweistelliger Prozenthöhe ein Bestandteil der jüngeren Geschichte der Erde sind und nicht nur wilde Spekulationen über ihre Zukunft. Diesen Zahlen zufolge betrug die Aussterberate also nicht wie zu erwarten eine Spezies pro Jahrhundert, sondern völlig abnormalerweise eine Spezies alle paar Jahre.

Und das war noch nicht die ganze Geschichte. Im Jahre 1778 erreichte James Cook Hawaii; Händler und Kolonisatoren folgten innerhalb einer Generation. Die Neuankömmlinge rodeten die Wälder und brachten Rinder und Ziegen mit, die – wie zuvor die Schweine – einen Teil der heimischen Pflanzenwelt vernichteten. Diese Pflanzenarten waren auf große herbivore Säugetiere ebenso wenig vorbereitet wie die Vögel auf die Ratten. Heute bestehen unsere einzigen Erinnerungen an 18 Vogelarten in den Exemplaren, die von Naturkundlern des 19. Jahrhunderts gesammelt wurden. Und diese haben sicher nicht alle Spezies erfassen können. Alleine auf diesen Inseln – einer einzigen Inselgruppe – wurde also während der letzten 200 Jahre im Durchschnitt eine Vogelspezies pro Jahrzehnt ausgerottet. Wie ist es heute um die verbliebenen Vogelarten Hawaiis bestellt? Haben wir die Lehren aus der Geschichte gezogen? Gehören Ausrottungen dank unseres besseren Verständnisses heute der Vergangenheit an?

Wann gilt eine Art als ausgestorben?

Auf den Inseln Hawaiis gibt es ein Dutzend Vogelarten, die bereits so selten sind, dass kaum noch Hoffnung auf ihre Rettung besteht, selbst wenn ihre Vertreter nicht getötet werden. Versuchen Sie doch einmal, einen Po'o-uli, einen Nukupu'u, Bishop's O'o oder Maui 'Akepa (*Melamprosops phaeosoma*; *Hemignathus lucidus*; *Moho bishopi*; *Loxops coccineus ochracea*) zu finden.

Diesen Versuch unternahmen meine Studenten und ich im Zuge unserer Untersuchungen der kalten Hochgebirgswälder, die ich in der Einleitung meines Buches (Pimm 2001) beschreibe. (Nicht in allen Regionen Hawaiis ist es warm und sonnig.) Bedauerlicherweise hatten wir in all diesen Tagen, in denen unsere Kleidung nie völlig trocken wurde, keinen Erfolg. In zweijährigen Bemühungen entdeckten meine Postdoc-Studenten Paul und Helen Baker schließlich drei Po'o-uli in drei getrennten Habitaten. Als Wissenschaftler versuchten, ein Männchen zu einem Weibchen zu übersiedeln, um eine Paarung zu ermöglichen, kam es zu keiner Annäherung der beiden Tiere. Der übersiedelte Vogel flog schon am nächsten Tag wieder in sein Gebiet zurück und wählte somit sein Revier, ein einsames Leben und die Auslöschung der eigenen Art statt seiner einzigen möglichen Partnerin.

Wir müssen uns also darauf gefasst machen, ein weiteres 'EX' für 'extinct' (ausgestorben) in das Register der Vögel der Welt einzutragen. Dieses Verzeichnis nennt sich *Birds to Watch 2* (Collar et al. 1994), ist also schon die aktualisierte Neuauflage einer früheren Ausgabe. Zusammengestellt (und ständig auf dem neuesten Stand gehalten) wird dieses Werk von Nigel Collar, Michael Crosby und Allison Stattersfield, alle Mitarbeiter von BirdLife International nahe Cambridge in England. Eine Vogelart wird mit 'EX' markiert, wenn ihr Aussterben als sicher gilt. Bevor die oben erwähnten Vogelarten ad acta gelegt werden, wartet man also noch ein paar Jahrzehnte ab. Vogelkundler sind ein optimistischer Menschenschlag. Dennoch spricht das Register eine eindeutige Sprache:

Die 10 000 Vogelarten gehen ungefähr mit einer Geschwindigkeit von einer Spezies pro Jahr verloren. Das ist um das ca. 100fache schneller als der Richtwert von einer Art pro Million Arten und Jahr. So viel zu den Spezies, die wir bereits getötet haben. Wie steht es aber um diejenigen, die wir tödlich verletzten?

Die tödlich Verwundeten

Im Artenregister gibt es drei weitere Zeichen neben den Artnamen: 'CR' steht für critical (vom Aussterben bedroht), 'EN' für endangered (stark gefährdet) und 'VU' für vulnerable (gefährdet). Zusammen bilden diese Kategorien die 'gefährdeten' Arten und umfassen mehr als 1100 Eintragungen – 11% aller Vogelarten der Welt. Welches Schicksal steht ihnen bevor? Wie lange werden sie überleben können? Nigel Collar und seine Kollegen definieren „gefährdete Spezies" als solche, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit „kurz- bis mittelfristig" aussterben werden. Was genau ist darunter zu verstehen? Jahrzehnte? Ein Jahrhundert? Und was bedeutet die Antwort auf diese Fragen für die durchschnittliche Spezies-Lebensdauer? Nehmen wir einmal an, es würde ein volles Jahrhundert dauern, bis diese 1100 Arten ausgestorben sind. Damit gingen durchschnittlich elf Arten pro Jahr verloren – um das 1100fache mehr als die Richtgröße von einer Art pro Jahrhundert. Besteht begründeter Anlass zur Annahme, dass in diesem neuen Jahrhundert wirklich 1100 Vogelarten aussterben werden? Kann die Verlustrate denn tatsächlich so hoch sein?

Einige dieser Spezies werden das Jahrhundert durch glücklichen Zufall oder erfolgreiche Maßnahmen unsererseits überdauern, wodurch vermutlich weniger als 1100 aussterben werden. Wir haben bis jetzt aber nur von den bereits in der Vergangenheit in Mitleidenschaft gezogenen Arten gesprochen, nicht von jenen, die wir in den kommenden Jahrzehnten an den Rand des Abgrunds bringen werden. Während wir einige Spezies retten können, werden andere tödlich verletzt werden. Von den 1100 Arten sind knapp 200 als 'vom Aussterben bedroht' kategorisiert, darunter die oben erwähnten Hawaiianischen Vögel. Von diesen 200 Arten sind viele mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits ausgestorben. Die Kategorie der vom Aussterben bedrohten Arten umfasst jene, deren Populationsgröße unter 50 Individuen bzw. unter 250 Individuen bei stark abfallender Tendenz liegt. Wie lange können sich Arten noch halten, wenn sie einmal derart selten geworden sind?

Eine mögliche Antwort bieten Studien über das Schicksal von Vogelpopulationen auf einem Dutzend kleiner Inseln vor der Küste Großbritanniens (Pimm et al. 1988). Diese sind begehrte Reiseziele leidenschaftlicher Vogelbeobachter. Manche dieser Inseln werden seit über einem halben Jahrhundert jährlich besucht. Somit gibt es Aufzeichnungen über dutzende verschiedene Spezies, wann sie zum ersten Mal auf der Insel brüteten, wie viele Paare in den darauf folgenden Jahren nisteten, und wann die Populationen zusammenbrachen. Jede Saison ist ein Glücksspiel: Werden die Jungen ihr erstes Jahr überleben, werden die Überlebenden verschiedenen Geschlechts sein und wenn nicht, wird ein Träger des fehlenden Geschlechts zuwandern? Wenn ja, werden die potentiellen Partner zueinander passen? Kleine Populationen können in diesem Spiel mit etwas Glück eine Zeit lang bestehen, aber nicht auf Dauer. Die meisten Populationen erlöschen innerhalb weniger Jahrzehnte (Pimm et al. 1988). Wir lernen daraus, dass zwar einige der 200 vom Aussterben bedrohten Arten eine Glückssträhne haben werden, dass diese aber einmal enden wird. Andere werden weniger Glück haben und nach wenigen Jahren der Vergangenheit angehören.

Wie sieht es aber mit den 900 Spezies aus, die nicht so selten sind? Populationen mit einigen hundert oder tausend Individuen sind von den demographischen Problemen von Arten kleiner Inseln nicht betroffen. Aber auch sie sehen sich einer Reihe von Ungewiss-

heiten ihrer Lebensumwelt – harte Winter, Dürreperioden, Krankheiten, Nahrungsverknappungen etc. – gegenüber, aufgrund derer sämtliche Populationen (auch die des Menschen) gelegentlich starke Einbrüche erleiden. Sogar relativ große Populationen gefährdeter Spezies können durch solche natürlichen Katastrophen auf so wenige Vertreter reduziert werden, dass eine Erholung unwahrscheinlich bis unmöglich ist (PIMM 1991).

Es gibt noch eine weitere wichtige Ursache, warum häufig vorkommende Arten aussterben können. Die Menschen haben in ihrer Unbedachtheit zahlreiche Spezies, beabsichtigt oder ohne Absicht, auf andere Erdteile verfrachtet. Solche eingeschleppten Arten können einheimische Arten als Nahrung nutzen, mit ihnen in Konkurrenz treten oder sie mit neuen Krankheiten anstecken, gegen die deren Immunsystem chancenlos ist. Das kann sehr schnell gehen und zweifellos werden viele Spezies Opfer eingeschleppter Arten werden, deren Auftreten nicht vorhergesagt werden kann. Zum Beispiel hätte niemand die Vögel der Insel Guam im westlichen Pazifik vor 30 Jahren als bedroht angesehen. Dennoch hat eine eingeschleppte Schlangenart, die Braune Nachtbaumnatter (*Boiga irregularis*), seit damals sämtliche Vögel der Insel vernichtet. Sollten diese Reptilien Hawaii erreichen, wären dort alle Vogelarten in akuter Gefahr. Einzelne Schlangen sind bereits auf hawaiianischen Flughäfen aufgetaucht – als blinde Passagiere in Flügen aus Guam (PIMM 1987).

Die erwähnten Ergebnisse sind schnell zusammengefasst: Die Vogelarten sterben um das 100fache schneller aus als es der Fall sein sollte. Unsere Handlungen haben in der Vergangenheit bereits so viele Arten tödlich verwundet, dass die Todesfälle bald um den Faktor 1000 häufiger auftreten werden als normal. Und unsere heutigen Aktivitäten werden sogar noch mehr Arten schädigen (PIMM ET AL. 1995a).

Nun, ich habe zu viele Seminare gehalten, als dass ich nicht wüsste, was Sie sich jetzt denken. Der Dodo war ein Inselvogel. Er gilt allgemein als Symbol für Dummheit und ihre tödlichen Folgen. Laut dem New Shorter Oxford English Dictionary (OED) „starb er aus". Bitte beachten Sie, dass es nicht etwa heißt, „wir knüppelten diese wehrlosen Vögel ins Reich des Vergessens". Irgendwie haben sie es herausgefordert, gibt uns das OED zu verstehen. Vielleicht sind alle Vögel Dodos. Oder vielleicht alle Inselarten oder nur die Vogelarten auf Inseln. Sie sind aus zu weichem Holz geschnitzt und es geschieht ihnen schon recht, wenn sie aussterben.

Zu Besuch bei den Wainwrights

Dieser Gedankengang wird von Gary Larson in einem seiner 'Far Side'-Cartoons brilliant ausgedrückt. Er zeigt einen Vater, der seinem Sohn beiläufig die Vorgänge im Nachbarhaus begründet, wo Wölfe ihre Nachbarn, die Wainwrights, zerfleischen. Das ist schon O.K., versichert ihm der Vater, du solltest ihr Dahinscheiden nicht bedauern. Sicher, sie waren nette Menschen, aber eben 'schwach und dumm'. Die Wainwright-Hypothese besagt, dass ausgestorbene Spezies schwach und dumm waren und dass es keinen Grund gibt ihr Ableben zu betrauern.

Tatsächlich *haben* Inselspezies im Allgemeinen ein relativ großes Risiko auszusterben. Nicht nur die Vögel der pazifischen Inselwelt wurden in Mitleidenschaft gezogen, sondern auch die Pflanzen und Wirbellosen. Von insgesamt ca. 1000 Pflanzenarten hat Hawaii seit den ersten botanischen Beschreibungen mehr als 80 verloren. Und viele weitere sind gefährdet, 133 Arten zählen weniger als 100 Individuen.

Von zehn dieser Arten gibt es nur noch ein einziges frei lebendes Exemplar. Ich habe schon Pflanzen betrachtet und dabei gewusst, dass ich sie binnen Sekunden ausreißen und damit eine Spezies der Vernichtung preisgeben könnte. Nicht dass ich das tun würde, aber von hungrigen Schweinen, Ziegen oder Rindern wird man keine Rücksichtnahme er-

warten können. Wie viele Arten durch die Hand der Polynesier starben, oder durch die von ihnen eingeschleppten Schweine und Ratten oder die von ihnen gelegten Feuer, werden wir wohl nie herausfinden können.

In meinem Buch (Pimm 2001) führe ich aus, dass die Sammlungen des Bishop Museum in Honolulu hunderte lokale Varietäten von Landschnecken enthalten, die alle von einer einzigen Schneckenart gefressen und damit ausgerottet wurden. Diese Schnecke wurde mit Absicht auf Hawaii eingeführt, um eine andere eingeschleppte Schneckenart zu dezimieren, was freilich nicht gelang. Trotz der Warnungen von Biologen wurde dieses Experiment auf vielen Pazifikinseln mit dem immer gleichen verheerenden Ergebnis wiederholt. In weiten Teilen Französisch Polynesiens gibt es in freier Wildbahn keine einzige einheimische Schnecke mehr. Auch auf anderen Inseln gehen Spezies zugrunde. In den letzten 300 Jahren verloren die im Indischen Ozean gelegenen Inseln Mauritius, Rodrigues und Réunion 33 Vogelarten, darunter den Dodo, 30 Landschneckenarten und elf Reptilarten. Auf den Atlantikinseln St. Helena und Madeira gingen 36 Schneckenarten verloren.

Sie könnten jetzt vielleicht zu der Schlussfolgerung veranlasst sein, Inselspezies mit Wainwrights gleichzusetzen. Weit gefehlt. Auch die Arten der Kontinente blieben nicht verschont. Denken sie etwa an den Fynbos, ein Gebiet an der Südspitze Afrikas mit einem besonders großen Reichtum an Pflanzenarten. Von insgesamt 8500 Spezies hat der Fynbos im vergangenen Jahrhundert 36 verloren. Mehr als 600 Arten sind infolge von Lebensraumverlusten und eingeschleppten Arten vom Aussterben bedroht. Oder Australien: Die meisten Australier leben in den Städten der Küstenregionen und viele haben das dünn besiedelte, trockene Landesinnere, das sie 'miles and miles of bloody Australia' nennen, noch nie betreten. Allerdings gehörten von den weltweit 60 in den letzten 200 Jahren ausgestorbenen Säugetierarten 18 Arten der australischen Fauna an, und ungefähr die Hälfte von ihnen hatte im trockenen Binnenland gelebt. Und das bei einer Gesamtzahl von 300 einheimischen Säugetierspezies in Australien.

Sie müssen aber nicht so weit reisen, um Wainwrights anzutreffen. So sind etwa 21 der knapp 300 Arten von Süßwassermuscheln in Nordamerika seit dem Ende des 19. Jahrhunderts verschollen. Weitere 120 Arten sind gefährdet. Außerdem starben in den USA, Kanada und Mexiko in den letzten hundert Jahren 40 der insgesamt annähernd 1000 Arten von Süßwasserfischen aus. Wainwrights gibt es überall. Freilich haben wir nur von wenigen Pflanzen- und Tiergruppen so vollständige weltweite Verzeichnisse wie von den Vögeln. Daher ist es nicht einfach herauszufinden, welche Artengruppen am stärksten bedroht sind. Für Nordamerika hat jedoch The Nature Conservancy (1996) die Mühe auf sich genommen, eine Bestandsliste von möglichst vielen Gruppen zu erstellen, soweit es der Wissensstand erlaubte. Die ermittelten Prozentanteile der ausgestorbenen oder am Rande des Aussterbens stehenden Arten reichen von 4% bei den Schmetterlingen über ca. 6% der Vögel, Säugetiere und Reptilien sowie 10 bis 16% der Farne und Blütenpflanzen bis hin zu 21 bis 43% bei den Fischen und anderen Süßwasserarten. Vögel sind also relativ gesehen die am zweitwenigsten gefährdete Organismengruppe in Nordamerika. Sie sind also bei weitem nicht die Wainwrights der Welt, sondern gehören vielmehr zu den Fittesten – mit der geringsten Gefahr des Aussterbens! Außerdem sehen wir anhand der wenigen Gruppen, wie eben der Vögel, von denen wir die nordamerikanischen Prozentanteile mit den globalen vergleichen können, dass es Nordamerika noch recht gut ergangen ist. Hier sind nur 6% der Vogelarten bedroht, verglichen mit 11% weltweit. Der Anteil der auf der Welt vom Aussterben bedrohten Süßwasserarten ist nicht bekannt, aber die Flüsse und Seen haben in anderen Teilen der Welt ebenso unter menschlichen Einwirkungen gelitten wie in Nordamerika – oder noch mehr.

Sind all diese Spezies die Schwachen und Dummen aus Gary Larsons Cartoon? Keineswegs. Hohe Aussterberaten kennzeichnen heute Kontinente ebenso wie Inseln, Wälder ebenso wie Trockengebiete oder Flüsse, und Pflanzen ebenso wie Wirbellose und Wirbeltiere. Soweit wir nach einem ersten Blick auf die Zahlen ein Muster ableiten können, liegt es in der Feststellung, dass die Süßwasserarten am stärksten bedroht sind. Angesichts der Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf die Flüsse sollte uns das nicht überraschen.

Der Wainwright-Cartoon karikiert unserer absurde Rechtfertigung, ausgestorbene und gefährdete Arten wären selbst schuld. Larson hat auch einen Cartoon über den Dodo gezeichnet, in dem er diese Vögel als außerordentlich fortgeschrittene und zivilisierte Spezies mit Kultur und Literatur darstellt. Dann aber kommen Menschen und töten alle Dodos. Larson kommt der Wahrheit deutlich näher als das Oxford English Dictionary.

Eine widernatürliche Minute, keine vorherbestimmte Stunde

Omar Khayam, ein persischer Dichter des 11. Jahrhunderts, sinniert in *The Rubaiyat of Omar Khayam* (MAINE 1953) über die Vergänglichkeit des Lebens. In einem Vers heißt es, dass jeder Sultan seine 'vorherbestimmte Stunde' lebt und dann dahinscheidet. Wie weiter oben erörtert haben Spezies ihre 'vorherbestimmte Stunde' – ihre Lebenserwartung. Die Fossilfunde deuten darauf hin, dass die meisten Spezies eine Million Jahre oder länger leben, und die DNA-Befunde bestätigen dies. Die 'vorherbestimmte Stunde' von Spezies ist also in Millionen Jahren zu messen, wodurch pro Jahr maximal eine Art von einer Million ihr natürliches Ende finden sollte. Hingegen liegt diese Zahl heute unnatürlicherweise um das 100fache höher – bei ca. einer Art von 10 000. Und wenn wir uns ansehen, wie viele Arten die Menschheit schon in Bedrängnis gebracht hat, und abschätzen, wie lange diese wohl noch zu leben haben, kommen wir auf eine Aussterberate von einer Art von 1000 pro Jahr, d.h. 1000-mal mehr als die natürliche Rate. Das Wirken der Menschheit hat die Lebenserwartung der Spezies also von einer metaphorischen Stunde auf eine Minute reduziert, und bald könnte es nur mehr eine Sache von Sekunden sein.

Diese Verminderung der Lebensdauer der Arten weist nicht nur große Dimensionen, sondern auch eine globale Verbreitung auf. Sie ist in den unterschiedlichsten Ökosystemen des Planeten zu beobachten. Die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit richtet sich zwar vor allem auf das Aussterben der großen, charismatischen Vögel und Säugetiere, aber der Artenschwund schreitet auch in so unterschiedlichen Gruppen wie den Pflanzen, Landschnecken, Süßwassermuscheln oder Fischen mit großem Tempo voran.

Sind die bisher behandelten Spezies in irgendeiner Weise ungewöhnlich? Nur insofern als sie vor einem Jahrhundert Sammelobjekte von Naturkundlern waren und wir dadurch über ihr Schicksal gut Bescheid wissen. Die Aussterberaten dieser verschiedenen gut bekannten Gruppen können auch auf die vielen Millionen Arten umgelegt werden, welche die Taxonomen noch in ihre Listen eintragen müssen. Wenn alle Artengruppen und alle Lebensräume beeinträchtigt werden, folgt dann daraus, dass jede Gruppe an jedem Ort betroffen ist? Vielleicht finden Ausrottungen einfach immer dort statt, wo Menschen und andere Spezies aufeinander treffen? Sicherlich sind menschliche Einflüsse die Erklärung für alle erwähnten Fallstudien, aber es treten doch bestimmte Unregelmäßigkeiten auf. Auf den Pazifikinseln und in Australien – nicht gerade die am dichtesten besiedelten Erdteile – sterben so viele Arten aus und im dicht bevölkerten Europa so wenige. Wie ist das zu verstehen?

Die Antwort lautet, dass *manche* Arten in *manchen* Gebieten empfindlicher sind als vergleichbare Arten andernorts. Es hängt also davon ab, *wo* die Arten leben. Bis jetzt habe ich über 'zeitliche Beschränkungen' gesprochen, nun gilt es auch die 'räumlichen Beschränkungen' zu betrachten.

Wo Spezies leben

Sind die Artenzahlen überall hoch? Diese Frage liegt auf der Hand und ist klar zu verneinen. Die Vielfalt des Lebens ist in bestimmten Regionen – 'den Tropen' – und deren Land-, Süßwasser- und Meereshabitaten am größten. Meine erste Aufgabe wird es also sein, den Reichtum der Tropen zu dokumentieren.

Danach widme ich mich einer etwas kniffligeren Frage. Wird die Erde in den Tropen eine größere Zahl an Arten einbüßen, einfach weil sie dort mehr Arten zu verlieren hat? Um darauf antworten zu können, müssen wir der Frage nachgehen, ob alle Arten gegenüber den Eingriffen des Menschen gleich empfindlich sind. Interessanterweise lautet die Antwort wiederum nein. Die verletzlichsten Arten weisen ungewöhnlich kleine Verbreitungsgebiete auf. Daraus ergibt sich die nächste Frage: Sind diese Arten einfach zufällig über den Planeten verteilt oder vielmehr an gewissen Orten konzentriert? Hierzu werde ich zeigen, dass die empfindlichen Arten in bestimmten Regionen zusammengeballt sind, die wir als *Hotspots* bezeichnen. Metaphorisch gesprochen hat die Natur ihre Eier in wenige Nester gelegt. Die meisten, aber durchaus nicht alle Hotspots liegen in den Tropen. Ausnahmen sind z. B. die Pflanzenwelt Südafrikas, die Fische und Süßwassermuscheln Nordamerikas und die Säugetiere Australiens. Auf der anderen Seite ist auch nicht jede Tropenregion ein Hotspot. Das Entscheidende in diesem Zusammenhang ist, dass Arten dort in außergewöhnlich großer Zahl aussterben, wo menschliche Eingriffe einen Hotspot betreffen.

Diversität in den Tropen

Etwa zwei Drittel der Tier- und Pflanzenarten leben in den Tropen. Diese häufig zitierte Zahl ist nur eine grobe Schätzung, die auf Auswertungen der Artensammlungen in Museen beruht (Pimm 2001). Wir haben bereits festgestellt, dass wir die meisten Spezies nur anhand eines einzigen Exemplares kennen und dass vielleicht zehnmal so viele überhaupt gänzlich unbekannt sind. Am meisten wissen wir über die Spezies der artenarmen gemäßigten Klimazonen. Hingegen sind die meisten noch zu beschreibenden Arten in den Tropen beheimatet, weshalb 'zwei Drittel' sogar noch zu tief angesetzt sein könnte.

Sogar die tropischen Spezies in den Vitrinen der Museen stammen aus den Regionen, die wir am besten kennen. Erinnern Sie sich nur an Robert Kitching und sein Bedauern, wie wenig er über die Insekten und Milben in der Kronenregion der tropischen Regenwälder wusste. Und das wenige, das wir wissen, kommt aus relativ gut zugänglichen Gegenden in der näheren Umgebung menschlicher Niederlassungen. Wie mag es an anderen Orten aussehen? Wenn wir von den dortigen Lebewesen keine Ahnung haben, beschränkt dies unsere Fähigkeit, die Auswirkungen menschlicher Eingriffe vorherzusagen. Haben wir irgendwelche gesicherten Erkenntnisse über die Verteilung der Spezies?

Von den Vögeln, und nur von den Vögeln, verfügen wir über ein annähernd vollständiges Register der 10 000 Arten des Planeten. Seine Verfasser sind Charles Sibley und Burt Monroe und es trägt den Titel *Distribution and Taxonomy of Birds of the World* (Sibley u. Ahlquist 1990). Daneben haben wir noch das bereits erwähnte *Birds to Watch 2*, in dem auch vermerkt wird, welche Spezies ausgestorben oder vom Aussterben bedroht sind. Außerdem liegen auch aus fast allen Weltgegenden einigermaßen komplette Verbreitungskarten der einzelnen Arten vor.

Die Erhebungen der Ornithologen bestätigen denn auch erwartungsgemäß, dass es nirgendwo so viele Arten gibt wie in den feuchten Tropenwäldern, was aus einigen Eckdaten der Vogelbeobachtung leicht zu ersehen ist. In Europa gibt es weniger als 500 Brutvogelarten; in Nordamerika, von Alaska und Kanada südwärts bis zur mexikanischen Grenze, brüten ca. 800 Arten. Weiter im Süden werden diese Werte ganzer Kontinente mit

Leichtigkeit von einzelnen Tropenstaaten übertroffen. In Afrika weisen z.B. Kenia, Uganda und Tansania über 1000 Brutvogelarten auf und Gleiches gilt für Ecuador, Kolumbien, Peru und Venezuela in Südamerika. Brasilien kommt sogar auf noch mehr Arten.

Wären alle Spezies dem gleichen Aussterberisiko ausgesetzt, dann müsste ein Land umso mehr gefährdete Arten beherbergen, je größer seine Artenzahl ist. Ich habe bereits erwähnt, dass 11% der Vogelarten vom Aussterben bedroht sind. Man könnte also annehmen, dass in Europa 55 Arten gefährdet sind, in Nordamerika 88 und in Kenia 110. Dem ist aber nicht so. Manche Spezies sind viel empfindlicher als andere.

In Bezug auf diese verletzlichen Arten werde ich nun auf drei besonders beachtenswerte Umstände näher eingehen. Erstens sind jene Arten am verletzlichsten, die die kleinsten Verbreitungsgebiete haben. Zweitens gibt es wesentlich mehr solche Arten als Sie vielleicht annehmen würden. Und drittens hat die Natur diese zerbrechlichsten Arten – ihre Eier, wenn Sie so wollen – an eine kleine Zahl besonderer Orte – ihre Nester – gelegt.

Die Eier der Natur liegen in wenigen Nestern

Der erste dieser drei Punkte ist sofort einleuchtend. Die Menschheit kann einer Art umso leichter Schaden zufügen, je kleiner ihr Verbreitungsgebiet ist. Es ist einfacher ein kleines Gebiet zu zerstören, zu plündern oder sonst in der Qualität zu mindern als eine größere Region. Die große Mehrzahl der im letzten Jahrhundert ausgestorbenen Arten hatte kleine Verbreitungsgebiete. Und das Gleiche gilt für die überwiegende Mehrheit der gegenwärtig vom Aussterben bedrohten Arten (Collar et al. 1994; Manne et al. 1999; Pimm 2001; Pimm et al. 1995a).

Kommt es einzig auf die Größe des Verbreitungsgebietes an? Fast, aber nicht ganz. Auch einige Spezies mit großen Arealen sind gefährdet, wie z.B. die Wale, die ganze Ozeane als Rückzugsräume nutzen können. Wie Kapitän Ahab stellten wir ihnen unablässig nach, bis von manchen Spezies nur noch einzelne Individuen übrig waren. Die Arten, die trotz großer Verbreitungsgebiete vom Aussterben bedroht sind, haben fast alle gemeinsam, dass sie vom Menschen wegen ihres Fleisches oder ihrer Häute oder, wie etwa der Papagei, für die Haltung als Heimtiere gejagt werden.

Der zweite Umstand ist schon etwas komplizierter. Vielleicht würden Sie erwarten, dass Verbreitungsgebiete von Arten eine bestimmte Durchschnittsgröße aufweisen. Nun, dem ist nicht so und ich werde ein wenig ausholen müssen, um das zu erklären. Wenn wir in der Alltagssprache 'im Durchschnitt' sagen, dann gehen wir davon aus, dass dieser Mittelwert charakteristisch ist und die vom Mittel entfernt liegenden Werte untypisch sind. Nehmen wir z.B. an, die Durchschnittsgröße der Mitteleuropäer wäre 1,80 Meter. Sie könnten mit vollem Recht davon ausgehen, dass die meisten Erwachsenen, denen Sie begegnen, ungefähr diese Größe aufweisen.

Bisweilen aber täuscht uns diese Gewissheit: Manches lässt sich mit Durchschnittswerten nicht treffend beschreiben und die Arealgrößen sind dafür ein gutes Beispiel. In Nord- und Südamerika weisen die Verbreitungsgebiete der geläufigen kleinen Vogelarten (z.B. der Spatzen und Fliegenschnäpper, nicht der Enten oder Falken) im Durchschnitt ein Ausmaß von ca. 2 Mio. km^2 auf. Haben die meisten Arten Areale zwischen (z.B.) 1,5 und 2,5 Mio. km^2 Größe? Ganz und gar nicht – nur auf die wenigsten trifft das zu. Die allermeisten Artenareale kommen dieser Größenordnung nicht einmal nahe: Die Hälfte der Vogelarten lebt in Verbreitungsgebieten mit einer Ausdehnung von weniger als 600 000 km^2 (Manne et al. 1999). Es haben also viele Arten kleine und wenige Arten außerordentlich große Verbreitungsgebiete. Diese Verteilung verzerrt den Mittelwert. Es ist, als ob die Menschheit bei einer Durchschnittsgröße von 1,80 Meter aus einer großen Zahl von

weniger als einen Meter großen Menschen und ein paar Riesen bestünde. Dieses Beispiel sollte veranschaulichen, dass es viele Arten gibt, die in sehr kleinen Verbreitungsgebieten leben – und damit viele Arten, die besonders anfällig für Ausrottungen sind.

Die dritte Tatsache ist, dass diese verletzlichen Arten nicht gleichmäßig über den Planeten verteilt sind: Sie ballen sich in besonderen Regionen (Collar et al. 1994, Myers et al. 2000).

In Amerika bestehen hohe Dichten an Arten mit kleinen Arealen entlang des westlichen Randes des Doppelkontinents von der Sierra Madre in Mexiko über Costa Rica, Panama, Kolumbien, Ecuador und Peru bis Bolivien. Eine weitere Konzentration besteht entlang der Südküste Brasiliens, mit der höchsten Dichte im Bundesstaat Río de Janeiro. Und dann gibt es da noch die Inseln – Galápagos westlich von Ecuador sowie die Karibik. Die Inseln beherbergen zwar nicht viele Arten, haben aber sehr hohe Anteile von Arten mit kleinen Verbreitungsgebieten (Collar et al. 1994, Manne et al. 1999).

Amerika steht mit diesen Verteilungsmustern nicht alleine da: Sie sind weltweit an vielen Orten zu beobachten. In manchen Regionen gibt es fast keine Arten mit kleinen Arealen: Kontinentaleuropa weist nur zwei Vogelarten auf, die sonst nirgendwo vorkommen. Andernorts hingegen häufen sie sich: Auf den Inseln Hawaiis gab es einst an die 150 endemische Vogelarten. Sulawesi vor Südostasien, die Salomonen, Neubritannien und Neuirland nordöstlich von Australien, die Gebirge Neuguineas oder das philippinische Mindanao – sie alle beherbergen mehr als 50 Arten, die an keinem anderen Ort der Welt zu finden sind (Collar et al. 1994).

Diese Regionen bezeichnen wir als *Hotspots*. In Bezug auf die Vögel sind die genannten Gebiete die heißesten Hotspots und keines von ihnen ist groß. Sulawesi ist etwa doppelt so groß wie Österreich und die zentralen Regionen Neuguineas weisen in etwa die selbe Größe auf.

Aber es gibt nicht nur Vogel-Hotspots. Der Biologe Norman Myers von der Universität Oxford in England hat eine Übersicht über die globalen Verteilungsmuster von Pflanzen, Amphibien, Reptilien und Säugetieren erstellt. Wir haben von diesen Artengruppen zwar nicht so detaillierte Karten wie von den Vögeln, aber dennoch ist zu erkennen, dass ihre Verteilung den selben allgemeinen Mustern folgt (Myers et al. 2000).

Die 300 000 bekannten Pflanzenarten sind vor allem in den Tropen zu finden und bestimmte Regionen sind besonders reich an Arten mit kleinen Verbreitungsgebieten. Zum Beispiel zählen Zentral- und Südamerika ca. 85 000 Spezies, Nordamerika hingegen nur 17 000. Die isolierten Inseln Hawaiis sind Lebensraum für weniger als 1000 Pflanzenarten, in Afrika leben 45 000 Arten und in Europa 12 000. Wie bei den Vögeln gilt auch für die Pflanzen, dass Gebiete mit vielen endemischen Arten nicht diejenigen mit hohen Gesamtartenzahlen sein müssen. Hawaii mag zwar nicht artenreich sein, aber über 90% ihrer Arten kommen nur auf diesen Inseln vor.

Einige der Verteilungsmuster der Pflanzenarten stimmen mit jenen der Vögel überein. So sind in den Wäldern der südamerikanischen Atlantikküste 8000 endemische Pflanzenarten anzutreffen, und weitere 20 000 in den tropischen Regionen der Anden. Es gibt aber auch Unterschiede. Als eine der nicht-tropischen Regionen zeichnet sich das Mittelmeerbecken mit 13 000 auf diese Region beschränkten Pflanzenarten aus. Botaniker fahren also gerne nach Frankreich, wohingegen die Vogelbeobachter hier nicht auf ihre Rechnung kommen. Auch andere Regionen sind für Botaniker ähnlich attraktiv, z.B. Kalifornien mit 2000 endemischen Arten und Südwestaustralien mit 4000. Einen geradezu spektakulären Reichtum an endemischen Arten weist Südafrika auf. Die Kapregion, die lediglich 18 000 km^2 der südlichen und südwestlichen Spitze des Kontinents umfasst, be-

herbergt mehr als 8000 Pflanzenarten, von denen sage und schreibe 70% nur hier anzutreffen sind (MYERS ET AL. 2000).

Insgesamt kommen Myers und seine Kollegen zu dem Schluss, dass knapp die Hälfte aller Pflanzenarten in nur 25 Hotspots lebt, die zusammen ursprünglich nur 17 Mio. km^2 Landfläche umfassten. In eben diesen Gebieten finden sich auch 30% der Vogelarten der Welt, 30% der Säugetierarten, 40% der Reptilienarten sowie mehr als die Hälfte aller Amphibienarten. Diese 25 Hotspots sind: die tropischen Anden; Zentralamerika; die karibischen Inseln; die Wälder an der Atlantikküste Brasiliens; Darién, Chocó und West-Ecuador; der Cerrado in Brasilien (Trockenwälder im Landesinneren); Zentralchile; die Küstenregionen Kaliforniens; Madagaskar; die Berg- und Küstenwälder in Tansania und Kenia; die Wälder Westafrikas; die Kapregion in Südafrika; die Karoo mit ihrer Sukkulentenvegetation (Südafrika); das Mittelmeerbecken; der Kaukasus; der Archipel mit Sumatra und Java; der Archipel mit Sulawesi und Borneo; die Philippinen; Indo-Burma (Nordost-Indien, Burma, Thailand, Indochina); das südliche Zentralchina; Sri Lanka und die Westghats in Südwest-Indien; Südwestaustralien; Neukaledonien; Neuseeland; Polynesien und Mikronesien.

Und es gibt nicht nur terrestrische Hotspots. Die Flüsse Nordamerikas sind das Diversitätszentrum der Welt in Bezug auf Süßwassermuscheln. Von einer Muschelfamilie lebt die Hälfte aller bekannten Arten im Osten der USA. Mit wenigen Ausnahmen sind die Süßwassermuscheln des östlichen Nordamerika nirgendwo sonst auf der Welt anzutreffen. Diese Flüsse waren starken Eingriffen unterworfen, aufgrund derer heute 40% der Muschelarten Nordamerikas vom Aussterben bedroht oder bereits ausgerottet sind (PIMM 1995). Der Amazonas-Regenwald, der Jahr für Jahr kleiner wird, speist ein Gewirr aus Flüssen, welche ein Viertel aller Süßwasserfischarten der Welt beherbergen. Und die Korallenriffe sind mit ihrer verblüffenden Artenvielfalt an Fischen und Wirbellosen (darunter die Korallenarten selbst) eine Quelle des Entzückens für jeden, der sich eine Tauchermaske und einen Schnorchel aufsetzt.

Callum Roberts und seine Frau Julie Hawkins von der University of York in England haben die Verbreitung der Fischarten (und Korallen und Schnecken) untersucht (ROBERTS ET AL. 2002). Auch diese marinen Tiergruppen zeigen Hotspot-Muster: Ein großer Teil der Arten ist an wenigen Orten konzentriert. So beherbergen die Gewässer rund um die zahlreichen Inseln Südostasiens einen hohen Prozentsatz der Rifffische der Welt. Die Natur hat ihre empfindlichsten Arten also sowohl an Land als auch im Süßwasser und den Meeren an wenigen ganz speziellen Orten versammelt.

Haben wir diese besonderen Plätze entsprechend geschützt? 'Nein' wäre noch stark untertrieben. Tatsächlich haben wir diese Regionen herausgepickt und ihnen unverhältnismäßig starken Schaden zugefügt. Wie ich im ersten Abschnitt meines Buches ausführe (PIMM 2001), haben wir insgesamt ca. die Hälfte der Landoberfläche auf die eine oder andere Weise zerstört oder umgestaltet. Wenn man allerdings die Hotspots heranzieht, zeigt sich, dass unsere Aktivitäten beinahe vier Fünftel ihrer natürlichen Ökosysteme zerstört haben (MYERS ET AL. 2000). Unbeschadet dessen existieren einige Nationalparks und andere Schutzgebiete. Wie viele Arten werden in diesen überleben?

Wie viele Überlebende wird es geben?

Weltweit stehen etwa 6% der Landoberfläche unter Schutz (PIMM 2001). Diese Zahl ist aber in zweierlei Hinsicht missverständlich. Erstens bestehen viele der Nationalparks nur auf dem Papier, wie z.B. jener auf der philippinischen Insel Cebu, den ich in meinem Buch beschreibe (PIMM 2001). Auf der Landkarte umfasst der Park eine große Fläche, aber so gut wie jeder einzelne Baum wurde dort gefällt. Hier trägt der Schutz auf dem

Papier wenig zum tatsächlichen Artenschutz bei. Zweitens liegen diese 6% zum Großteil in den kalten Hochgebirgsregionen oder der Tundra, die zwar schöne Gebiete sind, aber wenige Arten aufweisen, und ganz sicher nicht solche mit kleinen Verbreitungsgebieten. Von den artenreichen Tropenregionen sind hingegen nur ca. 2% geschützt.

Nehmen wir einmal an, wir könnten durch einen enormen Kraftakt diese Zahl auf 5% erhöhen und dazu noch einen strengen Artenschutz in diesen Gebieten durchsetzen. Welchen Anteil der Biodiversität des Planeten könnten wir damit retten? Wenn wir 5% der Landesfläche schützen, bewahren wir damit auch nur 5% der Spezies? Mit etwas Glück wird die Antwort eher 50% lauten. Wenn wir den Status quo mit etwa 2% der artenreichen Tropenregionen erhalten, retten wir damit immer noch ein Drittel der Arten (Rosenzweig 1995). Diese Zahlen verlangen nach einer genaueren Erklärung.

Unter Schutz stehendes Land hat häufig die Form von 'Inseln' aus den Resten von Wäldern oder anderen Lebensräumen inmitten eines 'Meeres' von Ackerland oder, eher anzunehmen, ärmlichen Weiden. Wie viele Spezies auf einer echten Insel – von Meer umgebenem Land – vorkommen, hängt von deren Größe ab. Größere Inseln beherbergen mehr Arten und bei Vögeln, Schmetterlingen, Blütenpflanzen, Pilzen und vielen anderen Organismengruppen wissen wir ziemlich genau, um wie viele mehr es sind.

Diese Daten nehmen die Form einer durchgehenden Kurve an, welche das Verhältnis von Habitat und Spezies ausdrückt und Art-Areal-Kurve genannt wird. Wie gesagt ist sie eine Kurve, keine gerade Linie. Mit der halben Fläche wird eine Insel immer noch 85% der Artenvielfalt einer doppelt so großen Insel aufweisen. Beträgt die Inselgröße nur noch 5%, liegen die Artenzahlen bei 50%, und eine Insel mit 2% der Ausdehnung einer größeren beherbergt noch ein Drittel so viele Arten.

Schön und gut, aber erstreckt sich die Gültigkeit dieser Kurve auch auf Waldinseln, die von landwirtschaftlicher Fläche umgeben sind? Um das zu klären, wäre folgendes Experiment nötig: Man nehme einen intakten Wald, reduziere ihn auf kleinere Habitatinseln und erhalte diese Fragmentierung über einen gewissen Zeitraum aufrecht. Dadurch werden einige Arten aussterben, was ein paar Jahrzehnte oder gar ein Jahrhundert in Anspruch nehmen könnte. Dann vergleiche man die aufgetretenen Artenverluste mit den Vorhersagen aus der Art-Areal-Kurve. Ein unmögliches Experiment? Wohl kaum. Schließlich ist es genau das, was die Menschheit getan hat und immer noch tut.

Ziehen wir das östliche Nordamerika als Beispiel heran, da wir über die Geschichte seiner Wälder gut Bescheid wissen (Pimm 2001). Auch die dortigen Vögel sind uns wohlbekannt, was wir zum Teil John James Audubon verdanken, der sie vor 200 Jahren geschossen und gezeichnet hat. Die Siedler hatten schon Anfang des 17. Jahrhunderts mit der Schlägerung der Küstenwälder begonnen, aber erst ab der Mitte des 18. Jahrhunderts drangen sie tiefer in das Landesinnere vor. Der Tiefststand in der Waldbedeckung war um 1870 erreicht, als die Waldfläche auf die Hälfte reduziert war. Gemäß der Art-Areal-Kurve bewahrt man mit der Hälfte der Fläche 85% der Spezies, oder anders ausgedrückt, man verliert 15% der Spezies.

Von den 160 Arten, die Audubon vor die Flinte kamen, sind vier Arten heute ausgestorben: der Karolinasittich (*Conuropsis carolinensis*), der Gelbstirn-Waldsänger (*Vermivora bachmanii*), die Wandertaube (*Ectopistes migratorius*) und der Elfenbeinspecht (*Campephilus principalis*). Eine weitere Art, der Kokardenspecht (*Picoides borealis*), steht am Rande des Abgrunds und wird nur dank aufwändiger Schutzbemühungen am Leben erhalten. Fünfzehn Prozent von 160 ergibt aber 24. Diese Diskrepanz zwischen 24 und '4 oder 5' Arten rief die Kritiker auf den Plan, die (ernsthaft) behaupten, die Beunruhigung über aufgeblähte Artenverlustraten wäre die Folge einer Verschwörung unter der Führung

des Harvard-Professors E. O. Wilson. Nun, mehr als von diesen Kritikern habe ich von meinen Kindern gelernt, insbesondere wenn ich ihnen Gutenachtgeschichten vorlas.

Die liebste Bettlektüre meiner beiden Töchter war der *Lorax* des US-amerikanischen Autors Dr. Seuss. Der Lorax 'spricht für die Bäume' und es ist wesentlich leichter, einer Dreijährigen zu erklären, dass ihr Vater ein Lorax ist, als dass er ein Professor für Arten- und Naturschutz wäre. Der Bösewicht des Buches ist der Once-ler, eine gierige Kreatur, die alle Bäume umschlägt. Stellen wir uns also die Frage, wie viele Vogelarten ausgestorben wären, hätten wir, wie der Once-ler, 'den allerletzten Baum von allen' zwischen Maine im Norden, Florida im Süden und den Prärien im Westen gefällt. Anders formuliert lautet die Frage, wie viele Vogelarten in ihrem Verbreitungsgebiet auf das östliche Nordamerika beschränkt sind.

Mein Kollege Robert Askins und ich sind dieser Frage nachgegangen: Es sind nur 30 Arten (Pimm u. Askins 1995), denn das östliche Nordamerika ist ein 'Coldspot' und keine der Regionen, die vor endemischen Arten strotzen. (Freilich sind es immer noch deutlich mehr als in Kontinentaleuropa mit lediglich zwei solchen Arten!) Die übrigen 130 der insgesamt 160 Vogelarten sind weiter über den Kontinent verbreitet. Viele sind in weiten Teilen Kanadas zu finden und manche südwärts bis Mexiko. Diese Arten hätten eine Once-ler-Attacke überstanden. Nur jene Arten, deren Areal auf die betreffende Region beschränkt ist, wären in Gefahr völlig auszusterben.

Wenn wir jetzt die Art-Areal-Kurve auf die 30 im östlichen Nordamerika endemischen Arten anwenden, lautet die Voraussage, dass 15% von ihnen ausgestorben sein sollten – das entspricht 4,5 Arten, liegt also genau zwischen 4 und 5 und ist somit die exakt richtige Antwort. Tom Brooks, einer meiner Doktoranden, Andrew Balmford von der englischen Cambridge University, Nigel Collar (Erstautor von *Birds to Watch*) und ich wandten diese Rechenmethode auch auf die Vögel und Säugetiere der Inselwelt Südostasiens und der Wälder der Atlantikküste Südamerikas an. Dabei konnten wir bestätigen, dass die Prognosen der Aussterbezahlen und die tatsächlichen Zahlen der ausgestorbenen oder am Rande des Untergangs stehenden Arten gut übereinstimmten (Brooks u. Balmford 1996, Brooks et al. 1997, Brooks et al. 1999). Auf diese Weise bekräftigten wir die Prognosen, wonach ein großer Teil der Arten in dem Maße verschwinden wird, wie wir mit der weltweiten Zerstörung der Wälder fortfahren.

Biodiversität heißt nicht nur Spezies

Bis hierher habe ich nur über Spezies geschrieben, aber wenn Wissenschaftler von 'Biodiversität' sprechen, meinen sie mehr als nur Arten. Es besteht auch eine genetische und (zumindest bei den Menschen) kulturelle Diversität innerhalb der Arten. Als Folge des menschlichen Handelns schrumpft die kulturelle Vielfalt der Menschheit – gemessen an der Zahl der lebenden Sprachen – heute noch schneller als die Artenzahlen (Pimm 2000). (Weltweit verständigen sich die Menschen in 6500 Sprachen. Jedoch zeigte sich, dass jene Sprachen, die weniger als 100 000 bis eine Million Sprecher zählen, starken Kontakt mit den Hauptsprachen der Welt nur selten überstehen. Und da nur 500 Sprachen von mehr als einer Million Menschen gesprochen werden, ist zu erwarten, dass der Großteil der Sprachen in hundert Jahren verstummt sein wird. In manchen Fällen ist dieser Wandel durch Entscheidungen der Sprecher zu erklären. Es bleibt aber schreckliche Gewissheit, dass die meisten Sprachen von Regenwald-Völkern gesprochen werden und daher mit der Schlägerung der Wälder von ihren Völkern mit ins Grab genommen werden. Ebenso war es den Völkern der Grasland-Ökosysteme Nord- und Südamerikas schon vor über 100 Jahren ergangen, als sie mit europäischen Siedlern konfrontiert wurden.)

www.umweltethik.at

Analoges gilt auch für alle anderen Spezies – sie weisen genetische und regionale Unterschiede auf, so dass wir uns fragen müssen, wie viele lokale Populationen ausgerottet werden. Sicherlich sind es wesentlich mehr als Arten, denn schließlich wäre es möglich, sämtliche Vogelpopulationen Deutschlands (ja ganz Mitteleuropas) auszulöschen, ohne dass eine einzige Art dadurch ausstirbt. Wir verlieren die Diversität an Populationen deutlich schneller als wir Spezies verlieren (HUGHES ET AL. 1997).

Auch oberhalb der Spezies-Ebene ist Diversität festzustellen. Manche vertraute Namen – z.B. Strauß – bezeichnen nur eine einzige Art. Im Bild des Baumes der Evolution steht der Strauß für einen großen Ast, und zwar für einen ohne Seitenzweige. Andere Namen hingegen bezeichnen eine Gruppe ähnlicher Arten, z.B. gibt es mehrere Arten von Grasmücken. Diese bilden zusammen ebenfalls einen Ast, diesmal aber einen mit Zweigen. In evolutionärer Hinsicht ist der Strauß also ungewöhnlicher als eine Grasmücke. Wenn wir Arten ausrotten, gibt es hierzu zwei theoretische Möglichkeiten. Zum einen können Arten nach dem Zufallsprinzip ausgerottet werden. Wenn von zehn Arten irgendeine ausgelöscht wird, ist dieses Opfer mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht der Strauß. Viel eher wird es eine der zahlreichen Grasmückenarten getroffen haben. Um in der Metapher des evolutionären Baumes zu sprechen, verlieren wir auf diese Weise zwar Zweige, aber kaum ganze Äste. Die zweite Möglichkeit ist, dass die Verteilung der Ausrottungen nicht zufällig ist. Und genau das ist der Fall: Man kann nicht umhin, das menschliche Handeln als böswillig zu bezeichnen, denn es sind gerade die evolutionär gesehen außergewöhnlichen Arten, die von der Ausrottung unverhältnismäßig stark bedroht sind (RUSSEL ET AL. 1998). Der Mensch sägt ganze Äste des evolutionären Baumes ab und nicht nur deren Zweige.

Wir verlieren also mehr Populationen als Spezies und außerdem mehr evolutionäre Vielfalt als wir es nur aufgrund der Artenverluste erwarten würden. Wenn wir nur den Artenschwund betrachten, so schwer wiegend dieser auch ist, unterschätzen wir daher die Gesamtwirkung des Menschen auf die Biodiversität.

Die Zukunft der Biodiversität

Vor ca. 170 Jahren beschrieb Darwin die große Vielfalt des Lebens in den Tropen mit Begeisterung und Staunen. Allerdings übersah er an seinem ersten Aufenthaltsort, den Küstenwäldern Brasilien, ein besonderes Merkmal der dortigen Spezies: Es gab hier eine außerordentlich hohe Zahl an Spezies mit kleinen Verbreitungsgebieten. Auf ein derartiges Erlebnis ist man mit den Erfahrungen aus Nordamerika oder Europa einfach nicht vorbereitet. Hotspots können Orte außerordentlich hoher Konzentrationen sein, in denen auf einer Fläche so groß wie Österreich tausende endemische Pflanzen- oder Tierarten leben. Die Natur hat ihre Eier in wenige Nester gelegt – und wir laufen Gefahr, sie zu zertreten.

Wie viele könnten in die Brüche gehen? Die gute Übereinstimmung der anhand der Art-Areal-Kurve prognostizierten Ausrottungen mit den tatsächlichen Zahlen der ausgestorbenen oder am Rande des Untergangs stehenden Arten erlaubt uns ebenso einfache wie schockierende Berechnungen. Wie bereits erwähnt, schätzen Myers und seine Kollegen (MYERS ET AL. 2000), dass von den ursprünglich 17 Mio. km^2 der Hotspots nur noch ca. 2 Mio. km^2 erhalten sind. Nur 800 000 km^2 davon sind Nationalparks oder Schutzgebiete. Und von diesen bestehen einige nur auf dem Papier, haben also zwar den Status eines geschützten Gebietes, sind in Wirklichkeit aber von Ausbeutung, menschlicher Besiedelung etc. fast ebenso stark betroffen wie ihre Umgebung. Aber selbst wenn man die nominellen Schutzflächen heranzieht, umfassen sie nur knapp 5% der ursprünglichen Ausdehnung.

Dieses Zwanzigstel der Fläche wird nur mehr etwa die Hälfte der Spezies beherbergen. Und da in den Hotspots 30 bis 50% aller Pflanzen- und Tierarten leben, wird hier

voraussichtlich ein Sechstel bis ein Viertel der Spezies der Welt ausgerottet werden. Dabei sind aber die 50 bis 70% der Arten, die außerhalb der Hotspots vorkommen, noch gar nicht berücksichtigt. Die meisten – vielleicht zwei Drittel – dieser Arten befinden sich in den feuchten Tropenwäldern des Amazonas, des Kongobeckens und der Inselwelt Südostasiens. Pro Jahrzehnt wird mindestens ein Zehntel dieser Wälder gerodet und die Geschwindigkeit der Zerstörung nimmt noch zu.

Nehmen wir einmal an, wir könnten in den nächsten Jahrzehnten einen Teil dieser Wälder retten, vielleicht sogar die derzeitige Schutzgebietsfläche verdoppeln und somit 5% bewahren. Dann würden wir wohl auch 50% dieser Tropenwaldarten verlieren, was einem weiteren Sechstel bis Viertel aller Spezies entspricht. Durch Addition dieser beiden Berechnungen kommen wir auf einen *erwartbaren Verlust von einem Drittel bis zur Hälfte aller Arten* – selbst wenn wir 5% der ursprünglichen Hotspotfläche unter strengem Schutz erhalten können. 'Aller' Arten heißt, dass dies nicht nur die gut bekannten Vögel betrifft, sondern auch die Pflanzen, Insekten, Pilze und Mikroorganismen, von denen unsere Kenntnisse bescheiden sind.

Man kann diese Zahlenspiele vielfältig variieren, aber die obigen Zahlen sind eher *niedrig* angesetzt. Zwar werden zweifellos auch in den gestörten Habitaten einige Arten überleben und damit für eine höhere Artenzahl sorgen. Andererseits war aber zu beobachten, dass wir durch Bejagung auch weit verbreitete Arten zum Aussterben gebracht haben. Außerdem können sich aus anderen Erdteilen eingeschleppte Pflanzen, Insekten oder Säugetiere in gestörten Lebensräumen oft besonders gut vermehren. Sie dringen auch schon derart stark in die Nationalparks vor, dass sie für viele gefährdete Arten bereits die größere Bedrohung darstellen als die Habitatzerstörung. Weiters kommt dann noch das Problem des Treibhauseffektes hinzu. Mit der Erwärmung des Klimas kann es den Arten in den kleinen Gebieten, die wir unter Schutz gestellt haben, einfach zu warm werden – und sie können dann nirgendwohin mehr ausweichen.

Was also können wir tun?

Die ersten Schritte zur Lösung eines Problems bestehen darin, es als solches zu erkennen und sein Ausmaß zu begreifen. Ich habe den Großteil dieses Textes darauf verwendet, eben das zu tun, indem ich den überwältigenden Konsens in der Wissenschaft darlegte, dass die Menschheit Gefahr läuft einen großen Teil der Vielfalt des Lebens auf der Erde zu zerstören. Wenn die gegenwärtigen Entwicklungen anhalten, werden wir unseren Kindern eine biologisch verarmte Welt hinterlassen. So viele Arten, die sowohl wundervoll als auch ökonomisch wertvoll sind, werden ihr fehlen. Wir werden die Ökosysteme schwer schädigen, die eine Unzahl von Leistungen erbringen, darunter den Schutz unserer Wasserversorgung und die teilweise Assimilation des Kohlendioxids, das wir bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe freisetzen. Es sind nicht alleine unsere Kinder, die darunter leiden werden, und auch nicht nur unsere Enkel.

Aus den Fossilfunden wissen wir, wie viel Zeit es in Anspruch nimmt, bis sich die Vielfalt des Lebens wieder erholt hat. Das letzte Mal, als sie schwer in Mitleidenschaft gezogen wurde – mit der erdgeschichtlichen Katastrophe vor 65 Mio. Jahren, der die Dinosaurier zum Opfer fielen –, benötigte sie 10 Mio. Jahre, bis ihr altes Niveau wiederhergestellt war. Das mag zwar in geologischen Zeiträumen nur ein Wimpernschlag sein, aber dieser Maßstab ist hier unangebracht. Zehn Millionen Jahre bedeutet hunderttausende Generationen von Menschen. 'Wiederhergestellt' ist außerdem eine unglückliche Wortwahl. Weder die verlorenen Arten, noch die vernichteten großen Tier- und Pflanzengruppen werden wiederhergestellt. Die in der Vergangenheit wiedergekehrte Diversität

umfasste andere Arten – und ohne Frage gefährden wir heute einen zukünftigen Erholungsprozess. Im Gegensatz zu jenem Ereignis, welches das Ende der Dinosaurier besiegelte, sind die Eingriffe des Menschen nicht vorübergehender Natur: Wir werden weiterhin natürliche Systeme zerstören und Spezies kreuz und quer über den Planeten verfrachten. Gut möglich, dass sich die Vielfalt des Lebens nie wieder erholen wird.

In der Geschichte der Menschheit findet sich kein Beispiel für eine derart gravierende Beeinträchtigung des Lebens von so vielen Menschen in der Zukunft. Ausgestorben heißt ausgestorben für immer. Wenn wir eine Spezies ausrotten, ist das ein unumkehrbarer Akt. Darin liegt eine bedeutende ethische Herausforderung für die heutige Gesellschaft.

Ist dieses Szenario unausweichlich? Meine persönliche Antwort lautet aus vollem Herzen 'Nein!'. Ich glaube, dass es noch viele Möglichkeiten gibt, etwas zu unternehmen.

Vor zwei Jahren erhielt ich eine Einladung des angesehenen Professors für Biologie in Harvard E. O. Wilson und des Mitbegründers von Intel, Dr. Gordon Moore, der auch das 'Mooresche Gesetz' entdeckte – die empirische Feststellung, dass sich die Leistung der Computer ungefähr alle 18 Monate verdoppelt. Dieses ebenso symbol- wie resultatträchtige Zusammentreffen von Ökologie und Industrie, von akademischer Welt und Privatwirtschaft, brachte mir den Auftrag, ein Team aus 30 Wissenschaftlern aus aller Welt zusammenzustellen, um eine praktische Handlungsanleitung zur Verhinderung des Artensterbens zu erarbeiten. Wir konferierten in Pasadena, Kalifornien, und unsere Empfehlungen wurden im vergangenen Jahr in der Zeitschrift *Science* veröffentlicht (Pimm et al. 2001).

Die übergeordnete Empfehlung lautete, dass wir einen größeren Teil des Planeten unter Schutz stellen müssen. Aber ist das im Bereich des Möglichen? Global gesehen resultiert die Schädigung von Arten in empfindlichen, artenreichen Regionen oft aus Eingriffen, die relativ wenig zum globalen Wohlstand der Menschheit beitragen, ja diesen häufig sogar vermindern. Ein Beispiel sind die Tropenwälder, die zwei Drittel aller terrestrischen Arten beherbergen. Wie ich in meinem Buch (Pimm 2001) näher ausführe, haben die Aktivitäten des Menschen diese Wälder in nur 50 Jahren zwar auf die Hälfte dezimiert, diese Rodungen haben aber lediglich 2 der weltweit 15 Mio. km^2 Ackerland erbracht. Viele Tropenwälder wachsen auf kargen Böden, die ihre Fruchtbarkeit nach einer Rodung schnell verlieren, weshalb das Land bald wieder verlassen wird oder höchstens einen global gesehen marginalen Bestand an Nutztieren erhalten kann. Außerdem lag ca. ein Zehntel dieser zerstörten Wälder an steilen Berghängen regenreicher Gebiete. Hier resultieren die Rodungen in einer rapiden Erosion der ungeschützten Böden und in weiterer Folge in Erdrutschen mit oftmals tragischen Konsequenzen für die dort lebende Bevölkerung. (Das erste Drittel meines Buches fasst die Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Land zusammen.)

Ähnliches gilt für die Ozeane, wo der Fischfang zur Proteinversorgung der Menschheit nur 5% beisteuert, aber dennoch die größte Bedrohung für die Meeresfischarten darstellt. Der Fischfang bei Korallenriffen, den marinen Ökosystemen mit der höchsten Diversität, erbringt nur einen Bruchteil des Gesamtfischfangs, führt aber zu gravierenden Schädigungen der Riffe. Die meisten der großen Fischbestände sind übernutzt (Pimm 2001), d.h. unsere Misswirtschaft verringert gleichzeitig die Biodiversität und unseren eigenen Wohlstand. (Der Einfluss des Menschen auf die Meere ist Thema des zweiten Drittels meines Buches.)

Gesamt gesehen gibt es in unseren weltweiten Mustern der Ressourcennutzung nichts, was die Auslöschung von Arten unvermeidbar machen könnte. Es ist ja nicht so, dass wir die Wälder oder Riffe zerstören *müssen*, um das Überleben der Menschheit zu garantieren. Das Problem ist vielmehr, dass Menschen die Wälder häufig deswegen zerstören, weil sie entwurzelt und an den Rand der Gesellschaft gedrängt wurden und keine Alter-

native erkennen können. Hinzu kommen kommerzielle Holzunternehmen, die den Wald aus kurzfristigen Profitinteressen schlägern, oft ohne jede Rücksicht auf die Existenzen der Waldbewohner, die sie damit zerrütten oder zerstören. Das Land kann sowohl eine große Artenvielfalt beherbergen als auch uns ernähren. Und in den Ozeanen ist es genau diese Vielfalt des Lebens, die uns versorgt. Die globale Fischerei nutzt tausende verschiedene Arten, Fische ebenso wie Wirbellose, darunter die vielen Arten von Tintenfischen, Garnelen, Muscheln, Austern etc.

Ist es angesichts dessen wirtschaftlich machbar, die Vielfalt des Lebens zu schützen? Was würde es kosten, die Schlägerung von noch intakten Wäldern aufzuhalten? Mit welchen Summen könnten die Zerstörer von Riffen (und anderen marinen Ressourcen) dafür bezahlt werden, nachhaltige Alternativen zu verfolgen?

Größere zusammenhängende Gebiete noch relativ intakter Tropenwälder gibt es am Amazonas, im Kongobecken und auf Neuguinea. Sie liegen abseits und sind dünn besiedelt, weshalb die Grundstückspreise gering sind und das Aufkaufen von Schlägerungskonzessionen eine brauchbare Lösungsmöglichkeit darstellt. Gemäß den bisherigen Erfahrungen ist bei dieser Vorgangsweise mit einem Preis von ca. 10 US$ pro Hektar zu rechnen. Die 25 Hotspots sind da schon eine deutlich teurere Angelegenheit. Hier leben wesentlich mehr Menschen und die Kaufpreise sind entsprechend höher. Allerdings gibt es in diesen Gebieten auch nur 1,2 Mio. km^2 ungeschütztes Land (und ein Teil davon wird auch ohne unmittelbares Zutun erhalten bleiben, da er für den Menschen unzugänglich ist oder keine Lebensmöglichkeiten bietet). Unseren Berechnungen zufolge könnte ein großer Teil der entlegenen Wälder mit ca. 5 Mrd. US$ unter Schutz gestellt werden, für die Hotspots wären weitere 20 Mrd. US$ nötig. Die Einrichtung von marinen Schutzgebieten, in denen der Fischfang untersagt ist, brächte langfristig höhere Fischerträge. Damit ein derartiger Prozess in Gang kommt, bedarf es allerdings einer Anfangsinvestition, um jene, deren Lebensunterhalt auf dem Spiel steht, von der Richtigkeit des Konzeptes zu überzeugen. Hierzu wären wiederum Geldmittel in der Höhe von einigen Milliarden US$ erforderlich (Pimm et al. 2001).

Auch wenn diese Summen groß erscheinen, widerlegen sie Behauptungen, der Artenschutz wäre unleistbar. Sie bewegen sich in der selben Größenordnung wie die Privatvermögen der reichsten Menschen der Welt. Das legt eine Strategie nahe, die auf der Kreditfinanzierung durch Regierungen und internationale Agenturen unter Einbindung des privaten Sektors beruht.

Werden errichtete Schutzgebiete Bestand haben? Da gibt es zum einen Druck von außen, Ökosysteme zu zerstören. So haben z.B. die Weltbank und der Internationale Währungsfonds indirekt Regierungen dazu ermuntert, ihre natürlichen Ressourcen zu plündern, um den Schuldendienst leisten zu können.

Zum anderen gibt es nationale Hindernisse. In manchen Staaten sind die Regierungen instabil, in anderen herrscht Krieg. Natürlich haben einige Länder das vorbeugende Aufkaufen von Schlägerungsrechten und andere Naturschutzaktivitäten willkommen geheißen, da sie die Bewahrung der Wälder und die dafür erhaltenen Mittel als vorteilhaft erkannten. Leider sind die Schlägerung von Wäldern und andere Ressourcenausbeutungen aber allzu oft eine Methode, mit der Regierungsvertreter verschiedener Länder ihren persönlichen Aufstieg befördern wollen. Und zum Dritten gibt es Probleme auf lokaler Ebene. Wie effektiv kann selbst eine bemühte Regierung den Schutz eines Waldes garantieren, wenn es den Menschen an Brennholz zum Kochen oder an landwirtschaftlicher Fläche mangelt? Wird die Regierung die Erlöse aus den Konzessionsverkäufen jenen Menschen zugute kommen lassen, deren Lebensunterhalt berührt wurde?

Selbst wenn die Geldmittel an stabile Regierungen gingen, könnte sich der Kauf von Erhaltungsgarantien in den Augen mancher Länder als Imperialismus im Gewand des 21. Jahrhunderts ausnehmen. Sämtliche Hotspots liegen in ehemaligen Kolonien europäischer Staaten, ausgenommen Neukaledonien, das noch immer französischer Überseebesitz ist. Ob sich (z.B.) Brasilien dazu entschließt, den Amazonas-Regenwald weiter zu roden oder aber unter Schutz zu stellen, liegt im alleinigen Ermessen der Brasilianer. Die Entscheidung für den Schutz der Vielfalt des Lebens ist eine Angelegenheit der nationalen Souveränität. Die internationale Gemeinschaft kann jedoch die erforderlichen Anstrengungen unternehmen, um die Finanzierung sicherzustellen, wenn ein Land beschließt seine natürlichen Ressourcen zu schützen.

Meiner Erfahrung nach ist die Frage, ob Schutzgebiete ihre Funktion erfüllen werden, nicht leicht zu beantworten. In dem einen Land mögen sie respektiert, in einem anderen hingegen ignoriert werden, und in einem dritten üben sie womöglich sogar eine Anziehungskraft auf den Raubbau aus. Sogar innerhalb eines Landes sind nicht selten all diese Möglichkeiten anzutreffen.

Zweifellos ist es schon seit langem überfällig, die Gesamtheit der Naturschutzmaßnahmen zu evaluieren, um zu erkennen, welche den gewünschten Effekt bringen, welche nicht und woran das liegt. So bleibt das obige Argument – 'ja, der Schutz der Vielfalt des Lebens ist leistbar' – für mich mit einem einzigen, großen Fragezeichen versehen: der Problematik der finanziellen Effizienz von Naturschutzmaßnahmen. Großen Naturschutzverbänden wie dem World Wide Fund for Nature (WWF), der aus Mitgliedsbeiträgen finanziert wird, oder Conservation International (CI), das seine Mittel von wenigen Großspendern bezieht, wird es vermutlich schwer fallen einzuräumen, dass manche ihrer Projekte weniger erfolgreich waren als andere. Dennoch sind die Probleme nicht mehr zu übersehen. Weiß der WWF z.B. von seinem Wappentier, dem Großen Panda, wie viele wild lebende Exemplare es heute im Vergleich zu vor fünf oder zehn Jahren gibt? Schlussendlich war es ein unabhängiger sino-amerikanischer Wissenschaftler, Professor Jack Liu von der Michigan State University, der die Aufgabe wahrnahm aufzuzeigen, dass der Lebensraum des Pandas im Parade-Pandareservat Wulong in einem alarmierenden Tempo der Zerstörung anheim fällt (LIU ET AL. 2001). Conservation International hat die Hotspots nach Myers in den Mittelpunkt seiner Arbeit gestellt und betreut auch in Madagaskar, einem der heißesten dieser Hotspots, zwei Schutzgebiete. Jedoch deuten meine Beobachtungen darauf hin, dass der Waldverlust in einem dieser Gebiete im letzten Jahrzehnt deutlich höher war als die durchschnittliche globale Entwaldungsrate. Es steht außer Frage, dass der Naturschutz die Fehler von Enron vermeiden muss, indem unabhängige Prüfer beauftragt werden, Erfolg oder Misserfolg zu beurteilen. Die Spender – ob von 10 oder von 10 Mio. US$ – sollten sich nicht mit weniger zufrieden geben. Es ist unerlässlich zu wissen, welche Maßnahmen gewirkt haben und welche nicht, ansonsten wird es uns nicht möglich sein, aus den Fehlern zu lernen und den Naturschutz effizienter zu gestalten.

Ich habe schon viele und lange Gespräche mit den zahlreichen hundertprozentig engagierten Menschen geführt, die ihr Leben der Rettung der natürlichen Vielfalt verschreiben – Menschen, die in Eigenregie arbeiten, in kleinen Nichtregierungsorganisationen, in den zuvor erwähnten großen Naturschutzverbänden oder in Gemeinden und Regierungsbehörden. Diese Diskussionen über mögliche Ursachen von Erfolg oder Scheitern enden zumeist in typischen Fallgeschichten. Vermutlich gibt es nicht die *eine* Lösung für die angesprochenen Probleme. Aber auf der Konferenz in Pasadena vor zwei Jahren stieß ein Prozess auf einhellige Zustimmung: in allen an Biodiversität reichen Ländern professionelle Naturschutzorgane auszubilden und mit den nötigen Vollmachten auszustatten.

Gegenwärtig ist das Fachwissen in Bezug auf Naturschutz und das Management von natürlichen Ressourcen sehr stark in den Industriestaaten konzentriert, während in vielen tropischen Schlüsselregionen ein Mangel an Naturschutzprofis herrscht. All unsere Erfahrungen zeigten die akute Notwendigkeit, mehr und besser ausgebildete Fachkräfte in diesen Schlüsselregionen im Einsatz zu haben. Wie schon zuvor halten sich die Kosten auch für den Aufbau von Naturschutz-Kompetenzzentren und für die Weiterverbreitung der Ausbildungen, die an den amerikanischen und europäischen Universitäten bereits angeboten werden, in Grenzen.

Deutlich strittiger war da schon die Frage, ob sich die Anstrengungen auf direkte Schutzmaßnahmen oder auf das Einbremsen von schädigenden Faktoren konzentrieren sollten. Die Mehrheit war der Meinung, dass der unverzügliche Ökosystemschutz und die Ausbildung von einheimischen Experten von entscheidender Bedeutung sind. Ungeachtet dessen muss aber ein Teil der Bemühungen darauf verwendet werden, zukünftigen Generationen von Naturschutzorganen die Bürde zu erleichtern. Diesbezüglich gibt es einige nahe liegende Ziele.

Ökosysteme sowohl an Land als auch im Süßwasser und im Meer leiden durchgängig unter Beihilfen für die Wirtschaft, die zu einer Verschlechterung der Umwelt führen. Ein Beispiel sind die massiven Subventionen, die nicht-nachhaltige Fischereimethoden erst möglich machen. Raubbau an natürlichen Ressourcen ist eine Folge von Eigentumstiteln, die jenen das Verfügungsrecht einräumen, deren 'wirtschaftliche Nutzung' kurzfristigen Kahlschlag der Wälder, vorübergehende Acker- oder Weidenutzung und langfristige Degeneration des Landes bedeutet.

Die Öffentlichkeit hat vielfach keine Vorstellung davon, welche Kosten die umweltschädliche Politik mit sich bringt. Allein die Subventionen belaufen sich auf zwei Billionen US$ jährlich (Myers u. Kent 2001). Einen wesentlichen Teil zu dieser Gesamtsumme tragen die Preisstützungen für Landwirtschaft und Fischerei bei. Die zentrale Botschaft lautet, dass eine ökonomisch sinnvolle und eine ökologisch vernünftige Politik in vielen Fällen die gleichen und nicht gegensätzliche Strategien erfordern. Die Möglichkeit von Allianzen zwischen fiskalischer Sparsamkeit und Umweltschutzmaßnahmen ist noch kaum ausgelotet. Selbst jene, die der Verwendung von Steuereinnahmen für den Schutz der Natur ablehnend gegenüberstehen, werden zustimmen, dass die Verschwendung von Steuermitteln für die Zerstörung der Natur ein Unfug ist.

Auf der regionalen Ebene ist festzustellen, dass den artenreichen Ländern häufig die gesetzlichen Mechanismen zur Förderung des Naturschutzes fehlen. Eine vernünftige Steuergesetzgebung und übertragbare Eigentumsrechte würden es den privaten, öffentlichen oder indigenen Landbesitzern zumindest ermöglichen, den wirtschaftlichen Nutzen ihres Landes zu bewahren. (Ein Beispiel für die Wirkung solcher Rechte lieferte die Stadt New York. Sie verfügt über Trinkwasser, das für seine hohe Qualität bekannt ist – gut genug, um als Tafelwasser abgefüllt und verkauft zu werden. Als sich die Stadt der Notwendigkeit, ihre Wasserversorgung zu verbessern, gegenübersah, entschied sie sich für Schutzmaßnahmen für ihre Quellgebiete in den Catskill Mountains, und nicht für die technische Lösung, die riesige Anlagen zur chemischen Wasserbehandlung vorsah. Die Kosten für den Schutz der Leistungen, welche die Natur zur Verfügung stellt, beliefen sich auf weniger als ein Zehntel von jenen der Alternativvariante – so wurden viele Milliarden Dollar gespart [Heal 2000].)

Auf der globalen Ebene würde der Verlust der Tropenwälder die CO_2-Zunahme in der Atmosphäre und die daraus resultierende Klimaerwärmung drastisch verschärfen. (Derzeit trägt die Entwaldung ca. ein Drittel zu den weltweiten CO_2-Emissionen bei.) Der Wert

der Wälder – als Wälder – übersteigt mit ziemlicher Sicherheit ihren Wert als Holzquelle. Die Kunst besteht nun darin, einen Markt aufzubauen, der die Dienstleistungen der Wälder erfasst (HEAL 2000).

Schlussendlich standen meine Kollegen und ich gleichermaßen unter dem Eindruck gemischter Gefühle: der Sorge, dem Bewusstsein der Dringlichkeit sowie dem Optimismus. Die Sorge bezieht sich auf die Zunahme der Weltbevölkerung (und ihres Konsums). Innerhalb weniger Generationen ist die Umstellung auf eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen unabdingbar; und in der Zwischenzeit müssen wir die Arten schützen. Die Dringlichkeit ergibt sich daraus, dass in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts der Verlust eines beträchtlichen Teils der Vielfalt des Lebens auf der Erde droht, wenn wir nicht sofort zur Tat schreiten. Mein Optimismus beruht (zumindest) auf der Erkenntnis, dass eine starke Vergrößerung der Naturschutzgebiete ein ökonomisch machbares und mit unseren Kenntnissen und Fähigkeiten erreichbares Ziel ist.

Prof. Dr. Stuart L. Pimm
Doris Duke Chair of Conservation Ecology
Nicholas School of the Environment and Earth Sciences
Room A301, LSRC building, Box 90328
Duke University, Durham, NC 27708, USA
E-mail: StuartPimm@aol.com

Literatur

BROOKS, T. M., BALMFORD, A. (1996): Atlantic Forest Extinctions. In: *Nature* Vol. 380, 115.

BROOKS, T. M., PIMM, S. L., COLLAR, N. J. (1997): Deforestation Predicts the Number of Threatened Birds in Insular Southeast Asia. In: *Conservation Biology* Vol. 11, 382–384.

BROOKS, T. M., PIMM, S. L., KAPOS, V., RAVILIOUS, C. (1999): Threat from Deforestation to Montane and Lowland Birds and Mammals in Insular Southeast Asia. In: *Journal of Animal Ecology* Vol. 68, 1061–1078.

COLLAR, N., CROSBY, M., STATTERSFIELD, A. (1994): *Birds to Watch 2*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

ERWIN, T. L. (1982): Tropical forests: Their richness in Coleoptera and other arthropod species. In: *Coleopterists Bulletin* Vol. 36, 74–75.

HAWKSWORTH, D. L. (1991): The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. In: *Mycological Research* Vol. 95, 441–456.

HEAL, G. (2000): *In Nature and the Marketplace: Capturing the Value of Ecosystem Services*. Island Press, Washington, DC.

HUGHES, J. B., DAILY, G. C., EHRLICH, P. R. (1997): Population diversity: its extent and extinction. In: *Science* Vol. 280, 689-692.

JAMES, H. F., OLSON, S. L. (1991): Descriptions of thirty-two new species of birds from the Hawaiian islands: Part II. Passeriformes. In: *Ornithological Monographs* Vol. 46, American Ornithologists' Union, Washington, DC.

KLICKA, J., ZINK, R. M. (1999): The Importance of Recent Ice Ages in Speciation: A Failed Paradigm. In: *Science* Vol. 277, 1666-1669.

LIU, J., LINDERMAN, M., OUYANG, Z., AN, L., YANG, J., ZHANG, H. (2001): Ecological Degradation in Protected Areas: The Case of Woolong Nature Reserve for Giant Pandas. In: *Science* Vol. 292, 98-101.

MAINE, G. F. (1953): *Rubaiyat of Omar Khayam and Other Writings by Edward Fitzgerald*. Collins, London.

MANNE, L. L., BROOKS, T. M., PIMM, S. L. (1999): Relative risk of extinction of passerine birds on continents and islands. In: *Nature* Vol. 399, 258-261.

MAY, R. M. (1989a): An inordinate fondness for ants. In: *Nature* Vol. 341, 386–387.

MAY, R. M. (1989b): Untitulierte Replik auf Williamson *(1989)*. In: *Nature* Vol. 341, 695.
MAY, R. M. (1997): The Dimensions of Life on Earth. In: Raven, P. H., Williams, T.: *Nature and Human Society - The Quest for a Sustainable World*. National Academic Press, Washington, DC, 30-45.
MAYR, E. (1963): *Animal Species and Evolution*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., KENT, J. (2000): Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. In: *Nature* Vol. 403, 853–858.
MYERS, N., KENT, J. (2001): *Perverse Subsidies: How Tax Dollars Can Undercut Both the Environment and the Economy*. Island Press, Washington, DC.
OLSON, S. L., JAMES, H. F. (1991): Descriptions of thirty-two new species of birds from the Hawaiian islands: Part I. Non-Passeriformes. In: *Ornithological Monographs* Vol. 45, American Ornithologists' Union, Washington, DC.
PIMM, S. L. (1987): The snake that ate Guam. In: *Trends in Ecology and Evolution* 2, 293–295.
PIMM, S. L. (1991): *The Balance of Nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
PIMM, S. L. (1995): Seeds of our own destruction. In: *New Scientist* (8 April): 31–35.
PIMM, S. L. (2000): Biodiversity is us. In: *Oikos* 90, 3-6.
PIMM, S. L. (2001): *The World According to Pimm: a Scientist Audits the Earth*. McGraw Hill, New York.
PIMM, S. L., JONES, H. L., DIAMOND, J. M. (1988) On the risk of extinction. In: *American Naturalist* 132, 757–785.
PIMM, S. L., ASKINS, R. (1995): Forest Losses Predict Bird Extinctions in Eastern North America. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* Vol. 92, 9343–9347.
PIMM, S. L., RUSSELL, G. J., GITTLEMAN, J. L., BROOKS, T. M. (1995a): The future of biodiversity. In: *Science* Vol. 269, 347-350.
PIMM, S. L., MOULTON, M. P., JUSTICE, J. (1995b): Bird extinctions in the central Pacific. In: Lawton, J. H., May, R. M.: *Extinction Rates*. Oxford University Press, 75-87.
PIMM, S. L., AYRES, M., BALMFORD, A., BRANCH, G., BRANDON, K., BROOKS, T., BUSTAMANTE, R., COSTANZA, R., COWLING, R., CURRAN, L.M., DOBSON, A., FARBER, S., DA FONSECA, G.A.B., GASCON, C., KITCHING, R., MCNEELY, J., LOVEJOY, T., MITTERMEIER, R.A., MYERS, N., PATZ, J.A., RAFFLE, B., RAPPORT, D., RAVEN, P., ROBERTS, C., RODRÍGUEZ, J.P., RYLANDS, A.B., TUCKER, C., SAFINA, C., SAMPER, C., STIASSNY, M.L.J., SUPRIATNA, J., WALL, D.H., WILCOVE, D. (2001): Can we defy Nature's end? In: *Science* Vol. 233, 2207-2208. (http://www.all-species.org/content/reference/2207.pdf)
ROBERTS, C. M., MCCLEAN, C. J., VERON, J. E. N., HAWKINS, J. P., ALLEN, G. R., MCALLISTER, D. E., MITTERMEIER, C. G., SCHUELER, F. W., SPALDING, M., WELLS, F., VYNNE, C., WERNER, T. B. (2002): Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. In: *Science* Vol. 295, 1280-1284.
ROSENZWEIG, M. L. (1995): *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
RUSSELL, G.J., BROOKS, T.M., MCKINNEY, L., ANDERSON, C.G. (1998): Present and future taxonomic selectivity in bird and mammal extinctions. In: *Cons. Biol.* 12, 1365–76.
SIBLEY, C. G., AHLQUIST, J. E. (1990): *Phylogeny and Classification of the Birds*. Yale University Press, New Haven, CT.
STEADMAN, D. W. (1995): Prehistoric Extinctions of Pacific Island Birds: Biodiversity Meets Zooarchaeology. In: *Science* Vol. 267, 1123–1131.
THE NATURE CONSERVANCY (1996): *Priorities for Conservation: 1996 Annual Report Card for U.S. Plant and Animal Species*. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
WILLIAMSON, M. (1989): High table tales. In: *Nature* Vol. 341, 695.

Übersetzung: Mag. Clemens Purtscher, Wien