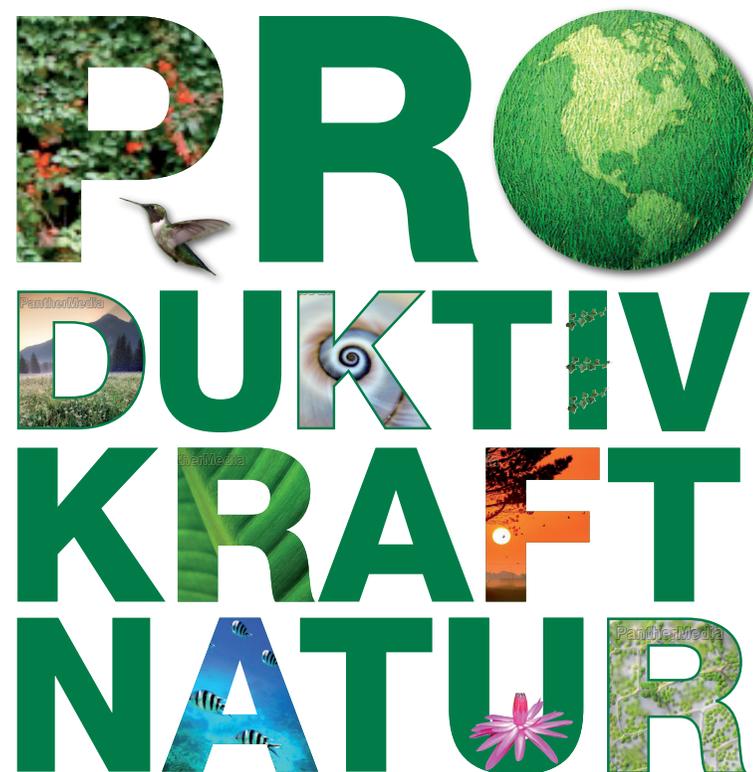


# PRODUKTIVKRAFT NATUR

Die biologische Vielfalt der Erde mit ihren Millionen Tier- und Pflanzenarten, mit ihren Lebensräumen und Landschaften bietet einen ungeheuren natürlichen Reichtum. **Die Ökosysteme erbringen zahlreiche Serviceleistungen, von denen letztlich auch unsere menschliche Existenz abhängt.** In den Staatshaushalten und unternehmerischen Bilanzen taucht der Schutz der Natur aber vornehmlich als Kostenfaktor auf, der keine Rendite abwirft. Dabei unterschätzt man systematisch die Rolle der Produktivkraft Natur für Wachstum, Wertschöpfung und Arbeitsmarkt.

**Die Autoren betrachten den Reichtum der Natur daher einmal aus ganz bewusst anderer Perspektive, nämlich als einen Faktor der Wirtschaft,** und bemessen seine Bedeutung in deren Kerngröße – dem Geld. Sie setzen dabei absichtlich die nüchterne Brille des Kosten-Nutzen-Kalküls auf. Und sie belegen: Bei genauer Betrachtung erweisen sich Investitionen in das Naturkapital als ein Wachstumsmotor, der in dem Maße Wohlstand hervorbringt, wie die Natur geschützt und entwickelt wird. Es zeigt sich deutlich, dass es neben den rein ethischen und emotionalen Motiven viele gute wirtschaftliche Gründe dafür gibt, sich für den Erhalt der Natur einzusetzen.

PRODUKTIVKRAFT NATUR



Beate Jessel · Olaf Tschimpke · Manfred Walser





## PRODUKTIVKRAFT NATUR

BEATE JESSEL · OLAF TSCHIMPKE · MANFRED WALSER

# PRO DUKTIV KRAFT NATUR

Beate Jessel · Olaf Tschimpke · Manfred Walser

1. Auflage 2009  
Copyright © 2009 by HOFFMANN UND CAMPE VERLAG, Hamburg  
[www.hoca.de](http://www.hoca.de)  
Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Gedruckt auf Munken Print Cream



**Mix**  
Produktgruppe aus vorbildlich  
bewirtschafteten Wäldern,  
kontrollierten Reststoffen und  
Recyclingholz oder -fasern  
Zert.-Nr. IMO-COC-027150  
[www.fsc.org](http://www.fsc.org)  
© 1996 Forest Stewardship Council

Printed in Germany

Der Inhalt der Beiträge gibt nicht in jedem Fall  
die Meinung des Herausgebers wieder

ISBN 978-3-455-50140-7

The logo for Hoffmann und Campe features a small, stylized illustration of a building or tower above the company name.

HOFFMANN  
UNDCAMPE

Ein Unternehmen der  
GANSKE VERLAGSGRUPPE

## INHALT

Einführung.....	9
Von der Natur lernen heißt Bionik.....	20
Medizinschrank Natur.....	38
Heilkraft Natur .....	51
Natur bringt den Tourismus auf Touren .....	58
Leben im Grünen – der Standortfaktor Natur.....	71
Von der Natur leben .....	77
Die Potenziale nachhaltigen Wirtschaftens .....	90
Die Potenziale erneuerbarer Energie .....	110
Wie die Natur das Klima schützt.....	124
Wie die Natur gegen Naturkatastrophen schützt .....	137
Resümee.....	150
Die Autoren .....	155

# Einführung

Die biologische Vielfalt der Erde ist unfassbar groß. Sie umfasst nicht nur die Tier- und Pflanzenarten, deren Zahl Schätzungen auf weltweit 10 bis 20 Millionen veranschlagen, sondern auch die genetische Vielfalt innerhalb der Arten sowie die Vielfalt der Lebensräume und Landschaften. Jährlich werden mehr als 10 000 neue Spezies beschrieben. Allein in Deutschland zählen wir etwa 45 000 Tierarten, 28 000 Pflanzenarten und eine große Menge an Mikroorganismen. Diese natürliche Vielfalt ist ein ungeheurer Reichtum und zugleich eine Bedingung der menschlichen Existenz.

Deshalb ist der Schutz der Natur nicht nur ein leidenschaftliches Anliegen ihrer Liebhaber, er sichert die Lebensgrundlage aller – und geht von daher uns alle an. Aus diesem Grund ist er Gegenstand vieler vertraglicher Vereinbarungen auf internationaler Ebene und gesetzlicher Regelungen von Bund und Ländern. In den Staatshaushalten und unternehmerischen Bilanzen taucht der Schutz des natürlichen Reichtums vornehmlich als Kostenfaktor auf, der keine Rendite abwirft. Seine Pflege wird in einen Gegensatz zur Mehrung des wirtschaftlichen Wohlstandes gesetzt. Dabei wird seine Rolle für die Wertschöpfung und den Arbeitsmarkt unterschätzt.

Das vorliegende Buch will diesen verengten Blickwinkel weiten. Deshalb sieht es den Reichtum der Natur weniger mit den Augen des Dichters oder der Naturfreundin als unbezahlbaren Genuss. Es fasst diesen Reichtum vielmehr als Faktor der Wirtschaft und bemisst seine Bedeutung in deren Kerngröße, dem Geld. Wir betrachten hier den Erhalt der Natur einmal ganz bewusst durch die nüchterne Brille des Kosten-Nutzen-Kalküls, um auch diejenigen von dessen steigenden Wert zu überzeugen, für die Wertschöpfung gleichbedeutend mit dem Verbrauch natürlicher Ressourcen ist. Natur ist ein Wachstumsmotor, der in dem Maße Wohlstand hervorbringt, wie seine Bestandteile geschützt, ausgebaut und entwickelt werden. Es geht dabei wohlgemerkt nicht darum, die ethischen und emotionalen Beweggründe, die für viele gerade auch ehrenamtlich engagierte Menschen eine wesentliche Triebfeder sind, sich für den Schutz der Natur einzusetzen, zu negieren. Vielmehr wollen wir aufzeigen, dass der Blick durch die wirtschaftliche Brille eine ganze Reihe zusätzlicher und wesentlicher Gründe liefert, sich für den Schutz der Natur einzusetzen.

Dennoch, auch wir müssen uns zu Beginn dieses Buches die Frage stellen, ob man Natur überhaupt ökonomisch bewerten darf. Wir glauben, dass wir verschiedene Ansätze brauchen, je nachdem, mit wem und auf welcher Ebe-

ne die Diskussion und die Entscheidung über Biodiversität stattfindet. Das vorliegende Buch sehen wir daher als einen Schritt, auch diejenigen von der Notwendigkeit der Erhaltung der Lebensvielfalt zu überzeugen, die eher in ökonomischen Größen denken, diskutieren und entscheiden.

Der Schutz und die nachhaltige Nutzung der vielfältigen Ausprägungen und Leistungen der Natur sind in vielerlei Hinsicht von erheblichem wirtschaftlichem Nutzen für die Gesellschaft:

- Maßnahmen zum Schutze der Natur schaffen Arbeitsplätze. Sie entstehen etwa in der ökologischen Landschaftspflege, im wachsenden Tourismus in den Nationalparks oder bei der Betreuung von Schutzgebieten. Damit werden in vielen Bereichen wichtige Beiträge zur regionalen Wertschöpfung geleistet.
- Der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen ist die Basis für eine Vielzahl von Nutzungen, die eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung haben; an erster Stelle stehen hier Land- und Forstwirtschaft sowie die Fischerei.
- Der Schutz der Natur verhindert bei Naturkatastrophen hohe Folgekosten, indem z. B. bei Hochwasser, Sturmfluten oder Lawinen die Auswirkungen abgemildert werden.

Hinzu kommt der Nutzen aus einer Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen der Natur, die häufig nur schwer messbar sind. Ihre kostenlose Bereitstellung wird schon deshalb meist als selbstverständlich angesehen:

- Die Unterstützung wirtschaftlicher Produktion, z. B. durch die Neubildung von Böden und die Erhaltung der Fruchtbarkeit durch Mikroorganismen.
- Die Zerlegung verschiedener Abfallprodukte von menschlichen Konsum- und Produktionsaktivitäten und ihre Rückführung in den Nährstoffkreislauf.
- Der Erhalt elementarer Bedingungen des Lebens, zu denen eine unbelastete Atmosphäre ebenso gehört wie die großen Meeresströmungen.
- Ästhetisch ansprechende Landschaften, die die Grundlage für einen naturgebundenen Tourismus sowie die Ausübung von Natursportarten bieten.
- Und die Natur birgt ein enormes Innovationspotenzial, z. B. für technische Entwicklungen (Bionik) und bei der Entwicklung von Arzneimitteln.

Ein Großteil dieses Nutzens gilt uns als selbstverständlich, die Wenigsten machen sich Gedanken über das komplexe Zusammenspiel, das ihn jeweils hervorbringt. Erst wenn dieses Zusammenspiel ernsthaft gestört wird und ein unwiederbringlicher Verlust droht, wird uns seine Bedeutung bewusst. Dazu ein Beispiel: Es sind derzeit mehr als 700 000 Arten von Insekten beschrieben. Der überwiegende Teil von ihnen ist den meisten Menschen eher unsympathisch, mancher betrachtet sie gar als überflüssig oder schädlich. Ohne Insekten jedoch würden wir nur wenige Monate überleben. Ihr Verschwinden würde zu einem gewaltigen Massensterben in der Pflanzenwelt führen, dem in kürzester Zeit auch der Mensch zum Opfer fiel, denn ein Drittel aller menschlichen Nahrungsmittel und viele Futterpflanzen sind direkt auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen.

In ökonomischen Kategorien lässt sich dieses Szenario kaum fassen. Wie groß der wirtschaftliche Nutzen eines intakten Ökosystems ist, verdeutlicht Eric Chivian von der Harvard Medical School am Beispiel der Ölpalme. Um sie in Malaysia kultivieren zu können, wurde sie aus Kamerun eingeführt. Allerdings „vergaß“ man, das für die Befruchtung zuständige Insekt ebenfalls zu importieren. Das hatte zur Folge, dass die Befruchtung der Ölpalme mühevoll von Hand durchgeführt werden musste. Als der Zusammenhang erkannt und das Insekt ebenfalls eingeführt wurde, sanken die Arbeitskosten um 140 Millionen US-Dollar pro Jahr.

Für die meisten von der Natur erbrachten Leistungen existiert kein Markt. Gleichwohl haben sie einen Wert. Eine erste Berechnung dieses Wertes stammt von dem Biologen und Kybernetiker Frederic Vester. Er bestimmte 1983 den Wert eines Blaukehlchens: Der Materialwert liegt bei etwa 1,5 Cent für das Skelett mit den Mineralien Phosphor, Kalzium und Fluor sowie von Fleisch, Blut und Federn. Die weiteren Leistungen des Vogels addieren sich jedoch auf 154,09 Euro pro Jahr. Darunter fallen die Schädlingsbekämpfung, das Verbreiten von Samen, seine Rolle als Bio-Indikator für Umweltbelastungen, schließlich als Ohrenschmaus und Augenweide, die als Gemütsaufheller eine Tablette Antidepressivum ersetzen. In ähnlicher Weise taxierte Vester den Wert einer Buche auf 2708,45 Euro. Man erkennt an den Kalkulationen von Vester, dass der Wert der Freude, die uns der Gesang eines Vogels oder das Erscheinungsbild eines stattlichen alten Baumes bereiten, hierbei nur sehr unvollständig ausgedrückt wird. Es wird aber deutlich, dass die Bestandteile der Natur nicht allein nur immateriellen Wert haben.

Vor etwa zehn Jahren erregte eine Studie eines Forschungsteams um den US-amerikanischen Ökonomen Robert Costanza Aufsehen. Die Forscher

wagten den Versuch, den Gesamtwert der Natur abzuschätzen, indem sie alle von der Natur produzierten Güter und Dienstleistungen in Wert setzten, ob es dafür nun einen Markt gibt oder nicht. Dabei gliederten sie die Ökosystemdienstleistungen in folgende Bereiche:

- Regulation der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre
- Regulierung von Störungen (Stürme, Fluten usw.)
- Nährstoff-Kreisläufe (z. B. Stickstoff, Phosphor)
- Abfallbehandlung
- Biologische Steuerung
- Habitate und Refugien für Tiere und Pflanzen
- Nahrungsmittelproduktion
- Rohstoffe
- Erholungsmöglichkeiten
- Kulturelle Werte, Ästhetik, Kunst, Bildung, spirituelle und wissenschaftliche Werte

Die Studie zeigt, dass die meisten Werte derzeit außerhalb des Marktsystems zu finden sind, d. h., der Wert lässt sich erklären, wird aber nicht in Marktbeziehungen gehandelt. Der Gesamtwert der Ökosystemdienstleistungen und -güter wurde auf einen Durchschnittswert von 33 Billionen US-Dollar pro Jahr geschätzt. Das weltweite Bruttosozialprodukt, d. h. die Summe aller produzierten Güter und Dienstleistungen in der Welt, betrug zur gleichen Zeit etwa 18 Billionen US-Dollar pro Jahr. Aufgrund vielfältiger Unsicherheiten muss die Summe nach Meinung der Autoren noch als Minimum angesehen werden.

Die Studie wird bis heute häufig zitiert und erntete auch viel Kritik, die sich teilweise an methodischen Fragen, teilweise aber auch am Sinn der Fragestellung entzündete. Doch trotz aller gerechtfertigten Kritik an der vereinfachten Kalkulation war die Studie ein Erfolg, denn seitdem ist das Thema in aller Munde und hat eine Vielzahl von Forschungen und öffentlichen Diskussionen ausgelöst. Eine ähnliche Studie für die Ökosystemdienstleistungen der Meere, der DEFRA-Report von 2006 (UK Department for Environment, Food and Rural Affairs), kommt trotz sehr vorsichtiger Annahmen zu ähnlich beeindruckenden Zahlen und resümiert, dass trotz enormer Unsicherheiten derartige Schätzungen eher deutlich unter den tatsächlichen Werten liegen.

Andere Studien fragen nicht nach dem Gesamtwert der vorhandenen Leistungen, sondern nach dem Wertverlust, der uns droht, wenn wir zu

wenig tun, um die Funktionsfähigkeit der Natur zu erhalten. Die Meta-Studie „The Economics of Ecology and Biodiversity“ (TEEB), die im Jahr 2007 von Deutschland initiiert wurde und gemeinsam mit der EU-Kommission, mit Unterstützung der G8 sowie der fünf wichtigsten Schwellenländer durchgeführt wird, soll für den Naturschutz und insbesondere den Schutz der Biodiversität das leisten, was der Stern-Report für den Klimaschutz geleistet hat. Sie soll darauf aufmerksam machen, dass die Kosten des unterlassenen Handelns viel zu hoch für die Gesellschaft sind. Die Ergebnisse der Studie werden für das zweite Halbjahr 2010 erwartet. Nach ersten Zwischenergebnissen, die 2008 veröffentlicht wurden, würden sich die Kosten eines unterlassenen Schutzes der Biodiversität, bezogen auf das Basisjahr 2000, bis zum Jahr 2050 auf 14 Billionen US-Dollar belaufen, was ungefähr 7 Prozent des globalen Bruttosozialprodukts entspräche. Nach Angabe der Autoren handelt es sich dabei um eine konservative Schätzung, die eher am unteren Rand angesiedelt ist. Welche Werte durch Investitionen in Natur allein im Bereich der Schutzgebiete erhalten werden können, erläutert der Leiter der TEEB-Studie, Pavan Sukhdev, Physiker, Ökonom und Leiter der Abteilung globale Märkte bei der Deutschen Bank, so: „Weltweit existieren etwa 100 000 staatliche Schutzgebiete. Jährlich werden dafür etwa zehn bis zwölf Milliarden Dollar ausgegeben. Wir gehen davon aus, dass wir etwa 40 Milliarden Dollar jährlich investieren müssten, um in diesen Schutzgebieten effektiven Naturschutz betreiben zu können. Das ist nicht sehr viel, und das Geld ist gut investiert, denn als Resultat erbringen diese Ökosysteme Leistungen im Wert von insgesamt fünf Billionen Dollar jährlich. Das ist mehr, als Automobil-, Stahl- und IT-Industrie weltweit erwirtschaften. Naturschutz ist Big Business.“

Allein die Naturprodukte, für die es einen Markt gibt, erzeugen eine hohe ökonomische Wertschöpfung. Der Markt für Produkte aus pflanzlichen und tierischen Rohstoffen umfasst in allen Branchen weltweit 500 bis 800 Milliarden US-Dollar und ist damit vergleichbar mit dem Computer/IT-Markt (800 Mrd. US-Dollar) und der Petrochemie (500 Mrd. US-Dollar).

Die Kosten eines globalen Schutzgebietsprogramms zur Erhaltung der biologischen Vielfalt würden sich auf etwa 37 Milliarden Euro belaufen, sein Nutzen wird jedoch auf bis zu 4200 Milliarden Euro geschätzt. Das ergibt die von Professor Andrew Balmford (University of Cambridge) durchgeführte Auswertung von mehr als 300 Fallstudien und eine vertiefte Analyse von fünf Lebensräumen, die vom Menschen stark verändert wurden. In keinem dieser fünf Fälle hat sich die Umwandlung der Ökosysteme wirtschaftlich gerechnet.

Der Hauptgrund für eine In-Wert-Setzung von Biodiversität wird in der ersten grundlegenden Studie von Robert Costanza und seinen Kollegen folgendermaßen beschrieben: „Weil Ökosystem-Dienstleistungen in kommerziellen Märkten nicht vollumfänglich erfasst oder angemessen quantifiziert werden, um vergleichbar mit ökonomischen Gütern und von Menschen hergestelltem Kapital zu sein, wird ihnen oft in der politischen Entscheidungsfindung zu wenig Platz eingeräumt.“ Weiter gehen die Autoren auf die sehr unterschiedlichen Ansätze solcher Studien ein und fahren fort: „Obwohl wir anerkennen, dass es eine ganze Reihe konzeptioneller und empirischer Probleme bei einem solchen Bewertungsvorgang gibt, denken wir doch, dass diese Übung wichtig ist, weil

- 1) dies die Bandbreite potenzieller Werte zeigt, die uns die Ökosysteme zur Verfügung stellen,
- 2) zumindest eine erste Einschätzung der relativen Größe und Bedeutung der Ökosystem-Dienstleistungen ermöglicht wird,
- 3) ein Rahmen für die weitere Analyse gesetzt wird,
- 4) weiterer Forschungsbedarf sichtbar wird und
- 5) die öffentliche Debatte angeregt wird.“

In diesem Sinne sollen die folgenden Kapitel dazu anregen, die Bandbreite der Güter und Dienstleistungen kennenzulernen, die die Natur uns zur Verfügung stellt, und einen Eindruck vom unermesslichen Wert dieser Lebensgrundlagen zu erhalten.

- 1) Das erste Kapitel widmet sich den Vorbildern, die die Natur für technische Entwicklungen liefert. Bionik, eine Wortkombination aus Biologie und Technik, befruchtet die Innovationskraft von Architekten, Konstrukteuren, Ingenieuren, Chirurgen und Materialforschern gleichermaßen.
- 2) Im zweiten Kapitel wird gezeigt, welche Arznei-Wirkstoffe die Natur bereithält, welche Medizin sich daraus entwickeln lässt und welche Wertschöpfung damit erzielt werden kann.
- 3) Unsere Gesundheit profitiert nicht nur von den stofflichen Produkten der Natur, viele Therapieformen und ein großer Teil der Gesundheitsprävention bauen auf die heilsame Wirkung der Natur. Dies beschreibt Kapitel 3.
- 4) Im vierten Kapitel wird die wachsende Bedeutung der Natur für den Tourismus beschrieben. Natur hat nicht nur einen hohen Er-

holungswert, sie hat auch einen hohen Geldwert. Ein Tourismus, der sie nicht nur ausbeutet, sondern in sie investiert, kann enorm davon profitieren.

- 5) Der Einfluss der Natur auf die Lebensqualität und das Wohnumfeld von Menschen, aber auch auf die Standortwahl von Unternehmen und auf die regionale Entwicklung ist Gegenstand des fünften Kapitels.
- 6) Das sechste Kapitel ist der Natur als elementarer Lebensgrundlage des Menschen gewidmet. In vielen Regionen der Welt hängt die Versorgung mit Nahrung, Energie und sonstigen Basisgütern direkt von den Potenzialen der Natur ab.
- 7) Die Natur liefert auch die Ressourcen für die moderne Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft und stellt die Rohstoffe für ein breites Spektrum der industriellen Fertigung bereit.
- 8) Eine besondere Bedeutung kommt der Natur bei der Versorgung mit Energie zu, droht diese doch die Natur wiederum nachhaltig zu beeinträchtigen. Deshalb liegt der Schwerpunkt des achten Kapitels auf den nachwachsenden Rohstoffen.
- 9) Die Schattenseite der traditionellen Energieversorgung ist der Klimawandel. Das neunte Kapitel befasst sich vor allem mit dessen Kosten und den Potenzialen der Natur, zu dessen Begrenzung beizutragen.
- 10) Kapitel 10 zeigt: Eine intakte Natur ist der beste Katastrophenschutz. Der Schutz vor Hochwasser und Lawinen, der Schutz der Küsten, aber auch des Trinkwassers und der Nährstoffkreisläufe ist abhängig von funktionierenden ökosystemaren Beziehungen.
- 11) Natur ist wertvoll, aber nicht alles an ihr lässt sich in Geld ermesen. Im Resümee werden Möglichkeiten und Grenzen einer ökonomischen Inwertsetzung der Natur ausgelotet und von einer ethischen Warte heraus bewertet.

Es gibt inzwischen eine kaum mehr zu überschauende Zahl von Studien, die den Wert der Natur in Geld berechnen, und ganze Forschungsprogramme, die sich dem Thema widmen. Das zeugt von der Bedeutung, den diese Frage mittlerweile hat. Zwei Studien seien besonders gewürdigt, denn ihre Recherchen bilden die Grundlage für dieses Buch: „Natur ist Mehr-Wert“ wurde 2005 vom Bundesamt für Naturschutz veröffentlicht (BfN-Skript 154), und „The Value of Our Oceans: The Economic Benefits of Marine Biodiversity and Healthy Ecosystems“ wurde 2008 vom WWF

Deutschland als Beitrag zur UN-Konferenz des Übereinkommens über die biologische Vielfalt in Bonn herausgegeben.

Die Vielzahl der bereits bestehenden, oft aber noch viel zu unbekanntem Untersuchungsergebnisse stellte in zweierlei Hinsicht eine Herausforderung für diese Veröffentlichung dar: Welche Informationen hereinnehmen, welche weglassen, ohne das Bild zu verengen und ohne den Leser zu überfordern? Weiterhin: Wie die Verlässlichkeit der Fülle an angegebenen Informationen und Daten garantieren? Die Autoren haben sich bewusst dafür entschieden, den Blickwinkel eher weiter zu fassen. Das Ziel war nicht der Versuch einer weiteren wissenschaftlichen Studie, sondern das Skizzieren eines möglichst umfassenden Bildes der vielfältigen ökonomischen Funktionen der Natur für die menschliche Gesellschaft und des derzeitigen Wissens, das hierüber besteht. Eine zweifelsfreie wissenschaftliche Einordnung und Prüfung des Materials war nicht Ziel und sollte auch nicht geleistet werden. Vielmehr stand für uns im Vordergrund, die vielfältigen Facetten eines eben auch ökonomischen Wertes von Natur deutlich werden zu lassen.

Für diejenigen, die tiefer in die Thematik einsteigen will, wurde die Homepage [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de) eingerichtet. Auf dieser Homepage finden sich weitere – in der Publikation nicht verwendete – Informationen über die „Werte“ der Natur sowie die Quellen, anhand deren man sich über Einzelheiten und Methoden der Ermittlung informieren kann. Das Buch und die Homepage stützen sich auf eine umfangreiche Recherche, die im Rahmen eines vom Bundesumweltministerium geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens durchgeführt wurde. Die Internetplattform soll in den nächsten Jahren nach dem laufenden Stand der Erkenntnis weiter fortgeschrieben werden.



## MUSCHEL MIT UNBEGRENZTER HAFTUNG

Die unscheinbare Miesmuschel liefert den Superklebstoff der Zukunft. Der Bremer Forscher Ingo Grunwald ist ihm auf der Spur

„Das hätte ich nicht erwartet, das schafft sonst kein Klebstoff“, erinnert sich Ingo Grunwald. Selbst auf einer nagelneuen Teflon-Pfanne, spiegelglatten Keramikplatten, Gläsern, CDs oder verschmierem Geschirr blieben die Miesmuscheln hängen. Der Biologe hatte die Tiere zusammen mit seinen beiden kleinen Söhnen an einem regnerischen Urlaubstag von einem Strandspaziergang mitgebracht und in einen Eimer im Garten ihres dänischen Ferienhauses gesetzt. „Wir beobachteten die Tiere, wie sie die glatten, nassen Plastikwände hochkrochen. Daraufhin holten wir die verschiedensten Haushaltsgegenstände, um zu testen, wo sich die Muscheln sonst noch überall festkleben können, und kamen immer mehr ins Staunen“, erzählt er.

Dieses Urlaubserlebnis der besonde-

ren Art wirkt nach: Grunwald, Forscher am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) in Bremen, arbeitet mittlerweile intensiv daran, den Superklebstoff aus der Natur im Labor nachzubauen. Miesmuscheln sondern ihn aus ihren Drüsen ab. Seine Grundlage bilden spezielle Proteine. Sie können mit fast jeder Oberfläche chemisch so reagieren, dass die Tiere fest anhaften. Für diese Flexibilität sorgt vor allem ein Protein-Baustein: die Aminosäure DOPA, die auch als Wirkstoff gegen die Parkinson-Krankheit bekannt ist. Darüber hinaus können die Drüsen der Miesmuschel Klebfäden produzieren, die sowohl elastische als auch feste Fasern enthalten. Dadurch sind die Tiere in der Lage, sich sowohl mit harten als auch mit weichen Materialien zu ver-

binden und den unterschiedlichen Zugkräften zu widerstehen.

„Üblicherweise verlieren Klebstoffe unter Salzwasser oder in feuchtwarmer Umgebung ihre Haftung auf Oberflächen. Das Sekret der Miesmuschel hingegen erreicht erst dann seine Bestform“, erläutert Grunwald. Das macht den Miesmuschel-Klebstoff besonders interessant für die medizinische Anwendung. Er soll bei der Versorgung von Schnittwunden das Nähen ersetzen, Implantate wie künstliche Herzklappen oder Gefäßprothesen mit dem körpereigenen Gewebe verschweißen oder gebrochene Knochen kleben. Andere Einsatzfelder sind beispielsweise Reparaturen der Netzhaut oder die Befestigung von Zahnersatz. Zwar werden auch jetzt schon Klebstoffe in der Medizin verwendet. Aber sie lassen sich nur sehr

begrenzt einsetzen, denn sie können Gifte wie Formaldehyd freisetzen. Der Miesmuschel-Klebstoff dagegen wird im Körper relativ gut vertragen. Doch um ihn auf natürlichem Wege als Extrakt zu gewinnen, ist ein enormer Aufwand nötig. „10 000 Muscheln erzeugen gerade einmal ein Gramm Klebstoff“, berichtet der Bremer Forscher. Ein Milligramm kostet über 300 US-Dollar und ist damit ein Vielfaches teurer als Gold. Klar, dass der kostbare Naturkleber bisher nur in Minimaldosierung für ausgesuchte wissenschaftliche Anwendungen in Frage kommt. Die kostengünstige synthetische Fertigung soll nun den Weg in den Massenmarkt öffnen. Zudem können auf diese Weise die Muschelbestände geschont werden. „Wir sind auf dem richtigen Weg“, ist Ingo Grunwald zuversichtlich.

# Von der Natur lernen heißt Bionik

Der Mensch hat sich immer schon die Natur zum Vorbild genommen, um seine eigene Unvollkommenheit auszugleichen und seine Grenzen zu überwinden. Daedalus ahmte mit seinem Sohn Ikarus die Flugbewegung der Vögel nach, um die Luft als Lebensraum zu erobern. Aristoteles beschrieb um 350 v. Chr. einen Elefanten, der seinen Rüssel als Schnorchel benutzt, um unter Wasser atmen zu können. Um 60 n. Chr. berichtete der römische Feldherr, Politiker und Gelehrte Plinius der Ältere von Kampftauchern, die mit Schnorcheln ausgestattet waren.

Lösungsideen und -strategien, die der Mensch der Natur abschaut, um daraus technische Innovationen zu entwickeln: Das ist Bionik, ein Kunstwort, zusammengesetzt aus Biologie und Technik. Es wurde erstmalig im Jahr 1960 von einem Luftwaffenmajor namens Steel auf einem Militärkongress in Dayton geprägt, dessen Ziel es war, vom „biologischen Sonar“ der Fledermäuse etwas zur Verbesserung des technischen Radars zu lernen.

Doch die Bionik ist viel älter. Über Jahrhunderte waren die Beobachtung der Natur und deren technische Nachahmung eng mit dem Traum des Menschen vom Fliegen verbunden.

- Leonardo da Vinci (1452–1519) legte seine Beobachtungen in der Schrift „sul volo degli uccelli“ (Der Flug der Vögel) dar und konstruierte die ersten Flugmaschinen auf dem Papier. Durch die Beobachtung von Libellen erfand er das Prinzip des Hubschrauberflugs.
- Der osmanische Universalgelehrte Hezarfen Ahmed Celebi (1609 bis 1649) entwickelte ein Fluggerät nach dem Vorbild des Vogelfluges und flog damit drei Kilometer weit vom Galata-Turm in Istanbul über den Bosphorus nach Uskudar.
- Sir George Cayley (1773–1857) baute das erste Segelflugzeug und entwickelte den ersten praktikablen Fallschirm. Sein Vorbild war der Samen des Wiesenbocksbarts. Sein Schwerpunkt liegt sehr tief, und die Flächen sind an den Außenkanten nach oben gewölbt, daher rührt sein autostabiler Fall.
- Der Erfinder Clément Ader (1841–1925) orientierte sich am Flugverhalten von Fledermäusen und flog mit seiner motorgetriebenen Flugmaschine „Eole“ am 9. Oktober 1890 erfolgreich eine Strecke von mehr als 50 Metern.

- 1889 veröffentlichte der deutsche Luftfahrtpionier Otto Lilienthal (1848–1896) sein Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“. Otto und Gustav Lilienthal erkannten die Bedeutung der gewölbten Flügelform und erstellten anhand exakter Messungen Tabellen. Mit ihrer Hilfe gelang den Gebrütern Wright der Durchbruch beim Flugzeugbau.
- Der österreichische Ingenieur Igo Etrich (1879–1967) konstruierte 1904 einen Nurflügler nach dem Vorbild der Samen des Klettergewächses *Zanonia metacarpa*, deren Flughäutchen zehn Zentimeter Spannweite haben. Dessen Weiterentwicklung, die Rumppler-Etrich-Taube, wurde ab 1910 als Kriegsflugzeug der deutschen Luftwaffe eingesetzt.
- Bis heute wird nach dem Vorbild der Natur an technischen Details im Flugzeugbau geforscht. Manche schnell schwimmenden Haie besitzen besonders strukturierte Hautschuppen, deren Funktion im Wasserkanal erforscht wurde. Das Ergebnis dieser Forschung wird heute als Ribletfolie vom Technologie-Multi 3M zur Verminderung des  $c_w$ -Wertes von Flugzeugen hergestellt. Die Spritersparnis bei Langstreckenflügen wird auf etwa vier Prozent geschätzt. Weitere potenzielle Einsatzgebiete von Ribletfolien sind z.B. die Beschichtung von Schnellzügen oder der Innenseiten von Pipelines. Eine Beschichtung der Rotorblätter von Windkraftanlagen zu einem geräuschärmeren Betrieb ist in Planung. Auch die Yacht *Stars & Stripes*, mit der Dennis Connor und seine Crew 1987 den Admiral's Cup gewann, hatte einen Rumpf, der mit Ribletfolien der Firma 3M beklebt war.

Der Einfluss der Natur auf die menschliche Erfindungskraft ist offensichtlich. In der Regel geht es dabei um „Kopieren statt Kopieren“, d. h., nicht die Imitation der Natur ist gefragt, sondern das Erkennen der Bau- und Wirkprinzipien, die hinter den natürlichen Phänomenen stecken. So entstanden Erfindungen, die jeder kennt:

- 1868 erfand der Viehzüchter Michael Kelly in Texas nach dem Vorbild der dornigen Äste des Milchorangebaums den Stacheldraht.
- Der österreichisch-ungarische Botaniker, Mikrobiologe und Naturphilosoph Raoul Francé meldete 1920 einen Salztreuer nach dem Vorbild der Mohnkapsel zum Patent an.
- Der Schweizer Ingenieur Georges de Mestral erfand 1948 den Klettverschluss, als er das Fell seines Hundes von Kletten befreite, und ließ

ihn unter dem Namen VELCRO – abgeleitet von den Anfangsilben der französischen Wörter Velours (Schlaufe) und Crochet (Haken) – patentieren. Daraus entstand die Velcro-Unternehmensgruppe mit über 3000 Mitarbeitern in zehn internationalen Fertigungs- und Vertriebszentralen.

Diese Erfindungen, die der Mensch aus der Natur abschaute und weiterentwickelte, werden nach einer Unterscheidung von Werner Nachtigall, dem Begründer der Bionik in Deutschland, dem Bereich der „Lowtech-Bionik“ zugeordnet. Sie wird in unseren Tagen von der „Hightech-Bionik“ abgelöst, die tief in die industriellen Innovationen hineinwirkt: „Eigenschaften natürlicher Materialien – wie adaptive Fähigkeiten, Multifunktionalität und ressourceneffizienter Aufbau – sind gleichzeitig auch Eigenschaften, die Ziele aktueller Werkstoffentwicklungen darstellen. Voraussetzung ist jedoch ein tieferes Verständnis für das Zusammenwirken von Funktion und Aufbau natürlicher Materialien sowie der Mechanismen zur Entstehung, Umformung und Selbstheilung“, wie es im Bionikbericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) heißt: „Bionik führt zu einer erheblichen Ausweitung der ‚Toolbox‘ im Innovationssystem, indem aus der ungeheuren Vielfalt der ‚technischen‘ Problemlösungen in der Natur für technische Problemlösungen in der Welt des Menschen gelernt wird.“ Erst seit wenigen Jahren wird systematisch in der Natur nach Lösungen technischer Probleme im Hightech-Bereich gesucht. Und da die Natur immer möglichst energie- und materialeffizient arbeitet, nehmen die Entdeckungen kein Ende.

In der biologischen Vielfalt finden sich Lösungsstrategien für fast alle denkbaren Probleme. Auch wenn kaum quantifizierte Studien vorliegen, so zeigen doch die Anwendungsbeispiele, welchen innovativen und ökonomischen Nutzen die Natur für den Menschen bereithält. Es geht nicht mehr nur um das „Kofferrsch-Auto“ von DaimlerChrysler (s. u.) oder den vielzitierten Lotosblüteneffekt (s. u.). Ingenieure lernen von der Natur auf vielen Gebieten:

Fortbewegung: Vögel, Gleittiere, Pflanzensamen und Insekten für das Fliegen, für Windräder, Schiffsschrauben, Delphinnasen für die Bugform von Öltankern (vgl. schon Leonardo da Vincis Erfindung des Hubschraubers nach dem Vorbild der Libelle).

Sinne: Jalousien, Infrarot- und Ultraschall-Ortung, Restlicht-Verstärker, Tarnung, Hörgeräte und Riech-Detektoren.

Materialkunde: Schaumstoff, Zellstoff, Netze, Vliese, Fäden, Federn, Haken und Ösen, Oberflächen- und Hautbeschaffenheit, Lotosblüteneffekt.

Architektur: die Klimaanlage in Termitenbauten, die tragenden Prinzipien des Kuppelbaus und der Skelette, Schuppen auf der Oberfläche, Isolierung (Stuttgarter Flughafen).

Energie: Photosynthese, Frostschutz.

Verfahrenskunde: Energieumwandlung, Recyclingmethoden und viele Entwicklungen im Bereich der Nanotechnik sowie die Informationsbionik, z. B. evolutionäre Prinzipien in der Technikentwicklung.

### BIONIK IM AUTOMOBILBAU

„Zahlreiche automobiler Errungenschaften wurden in den vergangenen Jahren bei Tieren und Pflanzen abgeschaut. Autos werden insbesondere durch Komfort- und Sicherheits-Features immer komplexer und schwerer. Durch die Verwendung von ungewöhnlichen Werkstoffen lässt sich unter anderem das Fahrzeuggewicht begrenzen. Das sorgt für mehr Fahrdynamik, geringeren Verbrauch und entsprechend weniger Abgase. Längst findet man hochfeste Hohlstrukturen dort, wo vor Jahren noch massive Bauteile eingesetzt wurden. Hierbei fungieren nicht zuletzt der Aufbau und die Konstruktion von Knochen als Vorbild“, schrieb der Journalist Stefan Grundhoff 2005 in der „Süddeutschen Zeitung“. Autoproduzenten wie BMW, Opel oder Daimler, aber auch der Luft- und Raumfahrtkonzern EADS nutzen bereits seit Jahren Programme, die Bauteile nach den gleichen Prinzipien wie Bäume und Knochen wachsen lassen. Die Äste von Bäumen wachsen je nach Belastung durch Wind, Schnee und Nachbarbäume an verschiedenen Stellen. Der Karlsruher Materialforscher Claus Mattheck entdeckte die Gesetzmäßigkeit, dass bei optimalen Strukturen (d. h. so leicht wie möglich und so stabil wie nötig) an der Oberfläche überall die gleiche Spannung herrscht. Aus seinen Erkenntnissen entwickelte er zwei computergestützte Verfahren: Das CAO-Verfahren (Computer Aided Optimisation) simuliert das Dickenwachstum der Bäume, indem an belastete Außenbereiche von Werkstücken so lange Material angelagert wird, bis überall eine gleiche Oberflächenspannung herrscht. Das andere Programm nimmt das Wachstum von Knochen zum Vorbild: Beim SKO-Verfahren (Soft Kill Option) wird das Material von unterbelasteten Stellen im Innen- und Außenbereich eines Werkstücks so lange entfernt, bis auch hier überall wieder die gleichen Belastungen herrschen. Die Kombination beider Verfahren führt zu optimierten Bauteilen wie z. B. Leicht-

metall-Alufelgen mit 26 Prozent Gewichtsersparnis oder orthopädischen Schrauben mit zwanzigfach höherer Lebensdauer und minimierter Bruchgefahr.

Die ideale Form einer Autofelge lässt sich aber auch direkt von der Natur nachahmen. „Aus Alge wird Felge“, nennt Dr. Christian Hamm sein Projekt. Dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremen ist es gelungen, die Kalkschalen von mikroskopisch kleinen Kieselalgen zu vermessen. Die Natur bietet hier eine große Auswahl an stabilen und ausgefeilten Formen, bisher wurden über 6000 Arten entdeckt. Eine davon, die Kieselalge *Arachnoidiscus japonicus*, wurde zum Vorbild für eine Autofelge. Die Kieselalgenfelge hat 15 Speichen, die durch Ringe verbunden sind, und wird an den Außenrändern durch weitere kurze Speichenstücke verstärkt. Die Schale der nur 0,05 Millimeter großen Alge sieht zwar zerbrechlich aus, ist aber für Fressfeinde kaum zu knacken. Die Panzer halten Kräften stand, die mehreren hundert Tonnen pro Quadratmeter entsprechen. Der Formenreichtum der Kieselalgen inspiriert nicht nur die Hersteller von Autofelgen, sondern wurde auch beim Design von Lampenschirmen und Computergehäusen eingesetzt, die gegenüber ihren herkömmlichen Verwandten sehr leicht, aber trotzdem sehr stabil sind.

Noch weiter ging die damalige DaimlerChrysler AG, als sie 2005 auf einem Innovations-Symposium in Washington das Bionic Car als die „A-Klasse der Zukunft“ präsentierte. Diese Konzeptstudie entstand in der Zusammenarbeit von Ingenieuren und Biologen. Als Vorbild diente der Kofferrisch, der in tropischen Gewässern des Indopazifiks lebt. Seine eckige und dennoch strömungsgünstige Form und das stabile Leichtbauprinzip mit einem Schutzpanzer aus sechseckigen Knochenschuppen machen den Fisch zu einem idealen Ideengeber für den Automobilbau. Trotz seines quaderförmigen Rumpfes bringt es der Kofferrisch auf einen  $c_w$ -Wert (der Wert, der den Strömungswiderstand angibt) von 0,06, der Nachbau der Ingenieure aus der DaimlerChrysler AG reduziert den Luftwiderstand gegenüber einem vergleichbaren Modell immerhin noch um 65 Prozent auf einen  $c_w$ -Wert von 0,19 und sorgt für einen niedrigeren Spritverbrauch. Die Karosserie ist besonders steif, was der Sicherheit dient, und bringt bei gleichbleibender Stabilität und Crashesicherheit rund ein Drittel weniger Gewicht auf die Waage.

Ein ebenso erfolgversprechendes leichtes Material ist, wenn es richtig geformt und genutzt wird, Magnesium. Es ist im Grunde bis zu 33 Prozent leichter als Aluminium und bis zu 77 Prozent leichter als Stahl. Die BMW-Spezialisten haben den Werkstoff weiterentwickelt und bisher gültige Ein-

satzgrenzen im Fahrzeugbau neu definiert. Mit einer speziellen Legierung und ausgefeilter Prozesstechnik wird seit kurzem ein Verbundkurbelgehäuse aus Magnesium und Aluminium für den BMW-6-Zylinder-Motor in Serie eingesetzt. Dieser Materialmix schafft rund zehn Kilogramm an Gewichtsvorteil. Bei der Verbindung von Magnesium und Aluminium wurden Verrippungsmuster gewählt, die im Grundprinzip den Ankerstrukturen der Nesselkapseln von Anemonen oder Quallen ähneln.

Die Reifenhersteller Dunlop und Continental AG arbeiten an „bionischen“ Autoreifen. Die Firma Continental hat bereits drei Reifen auf dem Markt, den ContiPremiumContact und den ContiSportContact 2 nach dem Vorbild der Katzenpfote sowie den ContiWinterContact TS 780 nach dem Bienenwabenprinzip. Dieser hat ein sogenanntes hochlamellierte Profil, und die Gummiblöcke zwischen den Profiltrillen weisen ein feines, sechseckiges Muster auf. Feine Lamellen im Gummi sind seit langem typisch für Winterreifen, weil sich beim Beschleunigen oder Bremsen ihre Kanten aufstellen und etwa auf Schnee einen gewissen Widerstand bieten. Das hier angewendete Bienenwaben-Prinzip ermöglicht erstmals auch Kanten, die quer zur Laufrichtung verlaufen, was die Kurvenfahrt deutlich sicherer macht.

Der schwedische Autohersteller Volvo setzt auf das Vorbild der Lotosblüte und beschichtet Seitenscheiben und Spiegelgläser mit einem speziellen Fluid als Schutz vor Schmutzpartikeln. Der Lotoseffekt ist der Klassiker in der bionischen Forschung. Die Oberflächen von Lotosblumen bleiben immer sauber, und die Untersuchung unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigt eine fein genoppte Oberfläche, auf der sogar Klebstofftropfen einfach abperlen. Der Entdecker des Lotoseffekts, Professor Barthlott von der Universität Bonn, entwickelte zusammen mit der Firma ispo einen selbstreinigenden Fassadenlack. Das Prinzip kommt inzwischen in verschiedenen Industriesparten zum Einsatz, bei der Herstellung von Dachpfannen, Duschkabinen, Sanitärkeramik und Geschirr. Mehr als zehn Millionen Euro werden mittlerweile jährlich mit selbstreinigenden Technologien umgesetzt, die der Lotosblume abgeschaut sind – Tendenz steigend. Gleichzeitig können damit große Mengen an Reinigungsmitteln eingespart werden. Doch so ganz klappt die Nachahmung der Natur noch nicht: Die Lotosblüte regeneriert ihre feine Struktur regelmäßig, die Firma Volvo muss dagegen das Fluid auf den Spiegelgläsern alle paar Monate erneuern.

Seit entsprechend schnelle Prozessoren entwickelt worden sind, wird auch das Fledermaus-Prinzip der Sonar-Ortung im Straßenverkehr genutzt. Mit Hilfe von Laufzeitdifferenzen und der Dopplerverschiebung bei

Ultraschallsignalen können Entfernungen exakt gemessen werden. Dies wird im Automobilbau für die automatische Abstandmessung zwischen Fahrzeug und Hindernis genutzt.

### BIONIK IN DER ARCHITEKTUR

Auch in der Architektur liefert die Natur Vorlagen zur Optimierung des Bauens. Die Klimaanlage in Termitenbauten, die tragenden Prinzipien des Kuppelbaus und der Skelettbauweise, Schuppen auf der Oberfläche, Isolierungsmaterialien, wie sie beim Stuttgarter Flughafen Verwendung finden, oder die neuentwickelten Hybridschäume sind nur einige Beispiele für bionische Entwicklungen.

Einer vielzitierten Geschichte nach ist das Vorbild für das Dach der Sydney Opera die Abalone-Muschel. Der dänische Architekt Jorn Utzon hatte jedoch Palmwedel als Inspirationsquelle genommen, wie er 1996 in einem Interview verriet. Ebenso häufig wird der Kristallpalast in London als Beispiel angeführt. Der britische Gärtner Joseph Paxtoner baute ihn für die Weltausstellung 1851 und nahm für die Hierarchie der Träger seiner Stahlskelettkonstruktion verschiedene Blattstrukturen als Vorbild.

Rosettenpflanzen ordnen ihre Blätter so an, dass ihre Blattfläche optimal zur Sonne ausgerichtet ist. Die italienischen Architekten Portoghesi und Gigliotti entwickelten nach diesem Vorbild eine 13-stöckige Hauskonstruktion. Die Wohneinheiten sind so ineinander verschachtelt, dass sich die einzelnen Einheiten im Sommer gegenseitig beschatten und im Winter möglichst wenig Sonne wegnehmen. Ein Prototyp steht im Wohngebiet Santa Marinella in Rom.

Der Präriehund durchlüftet seinen Bau nach dem Bernoulli-Prinzip, dabei wird durch unterschiedliche Öffnungen eine gerichtete Luftströmung erzeugt. Egal aus welcher Richtung der Wind weht, im Bau herrscht eine konstante Ventilation. Das gleiche Prinzip findet sich auch in der alten iranischen Wüsten-Architektur mit ihren Kuppelbauten.

Auch die stabile und leichte Struktur von Bienenwaben findet in der Bautechnik Verwendung. Die Schweizer Ziegelei Freiburg und Lausanne AG nutzt das Prinzip, um ihren Hightech-Backstein ThermoCellit mit einer Wabenstruktur zu versehen. Dieser hat bei geringerem Gewicht die gleiche Stabilität wie nichtstrukturierte Steine, er hat zudem hervorragende schallisolierende Eigenschaften und wirkt wie eine Klimaanlage. Auch die Forschung an erdbebensicheren Gebäuden für gefährdete Siedlungsgebiete orientiert sich am Prinzip der Bienenwaben.

Viele Hausbesitzer erwärmen ihr Wasser mit Sonnenkollektoren auf

dem Dach. Deren Herzstück ist der Solarabsorber – eine dunkle Fläche, die Sonnenstrahlung aufnimmt und Energie an ein Trägermedium abgibt. Die Energieeffizienz eines solchen Wärmetauschers hängt davon ab, wie das Medium seine Kanäle durchströmt und wie hoch der Druckverlust ist. Der Wirkungsgrad bisheriger Kollektoren ist gering. Michael Hermann vom Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE) wollte Solarabsorber und andere Wärmetauscher leistungsfähiger machen und stellte sich die Frage: „Wie würde es die Natur machen?“ Die Antwort fand er bei Arterien, Blattstrukturen und Lungen. Auch dort müssen oft Netzwerke von Strömungskanälen für eine energieeffiziente Wärme- und Stoffübertragung sorgen. Statt auf gleichmäßige und geometrische Anordnungen – wie bei heutigen Wärmetauschern – setzt die Natur auf verzweigte Strukturen. Erste Messungen geben Hermann und der Natur recht: Sie zeigen geringere Druckverluste und eine gleichmäßigere Durchströmung als bei den bisherigen Konstruktionen. Hermanns bionische Lösung sorgte für Aufsehen: Anfang April bekam er den mit 10 000 Euro dotierten Bionic Award verliehen.

### BIONIK IN DER MATERIALFORSCHUNG

Spinnennetze haben nicht nur ein ausgeklügeltes Konstruktionsprinzip, ihr Material, die Spinnenseide, ist wegen seiner Elastizität und Reißfestigkeit auch ein bislang unerreichtes Vorbild für Stoffe, aus denen beispielsweise Fallschirme und schussichere Westen hergestellt werden. Nun ist es Wissenschaftlern der TU München erstmals gelungen, künstliche Spinnenseide herzustellen. Der Biophysiker Sebastian Rammensee baute den Herstellungsprozess von Spinnenseide-Fäden im Labor nach. Damit können erstmals die genauen physikalischen und chemischen Bedingungen erforscht werden, unter denen sich aus den Spinnenseide-Proteinen ein Faden bildet.

Die Zähne von Mäusen und Ratten sind immer scharf, obwohl sie sich durch alle möglichen Materialien nagen. Vergleichbare technische Erfindungen, z. B. die Messer einer Müllzerkleinerung, müssen oft schon nach wenigen Betriebsstunden ausgewechselt werden. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT haben zusammen mit der Firma Kennametal Widia permanent scharfe Messer für Schneidmühlen entwickelt. Sie nutzen den Aufbau der Nagetierzähne, die nur an ihrer Vorderseite eine harte Schicht haben. Der dahinterliegende Zahnkörper ist weich, er wächst laufend nach und stabilisiert die dünne Deckschicht. Der weiche Zahnkörper wird kontinuierlich

abgerieben, sodass die harte Schicht immer eine scharfe Kante bildet. Die nach diesem Prinzip entwickelten scharfen Messer müssen nicht mehr so oft ausgewechselt werden, was die Betriebszeiten verlängert, das Material kann feiner zerstückelt werden, und der Energieaufwand sinkt.

Die Welt unter Wasser ist zu großen Teilen sehr dunkel, und vor allem Tintenfische und Oktopoden haben interessante Methoden entwickelt, um mit diesem Lichtmangel zurechtzukommen: Reflektor-Proteine reflektieren biolumineszierendes Licht, das Tintenfische als Scheinwerfer benutzen; das sind die ersten entdeckten optischen Nanostrukturen, und Forscher hoffen, auf diese Weise mit optischen Fasern die Photosynthese imitieren zu können. Tintenfische können sich ihrer Umgebung dank eines raffinierten Reflektorsystems anpassen. Bestimmte Eiweißverbindungen in den untersten Hautschichten werfen das gesamte Licht vollständig zurück. Damit passen sich die Tiere perfekt an ihre Umgebungsfarbe an. Diese Entdeckung eines amerikanischen Forschungsteams lässt sich nicht nur für verbesserte Tarnsysteme verwenden, sondern soll auch zur Entwicklung verbesserter optischer Fasern beitragen.

Materialforscher aus den USA haben mit Hilfe von Nanotechnologie eine extrem scharfsichtige Linse geschaffen, die dem Auge von Kraken nachempfunden ist. Sie ist deutlich leichter, weniger empfindlich und billiger herstellbar als eine vergleichbar starke Glaslinse. Das Auge des Kraken kann das Licht fünfmal stärker bündeln als ein menschliches Auge. Eric Baer von der Case Western University in Cleveland und seine Kollegen vom Naval Research Laboratory in Washington haben das Krakenauge nun mit Hilfe der Nanotechnologie kopiert. Die Forscher stellten Kunststoff-Filme her, die aus rund 6000 winzigen Schichten zweier verschiedener Polymere bestehen und dennoch nur 50 Mikrometer dünn sind. Die Polymerlinse besitzt nur ein Viertel des Gewichts einer vergleichbar starken Glaslinse und soll zudem flexibler sein. Und die Veränderung weniger Nanoschichten reicht bereits aus, um den Brechungsindex zu verändern und die Linse an das jeweilige Auge anzupassen.

Die sechseckige Form der Bienenwaben ist Vorbild für viele Produkte und Strukturen. Lange war nicht klar, wie die Bienen diese regelmäßige Form überhaupt herstellen können. Auch die künstliche Herstellung war für einige Funktionen und Stoffe nicht möglich, weil dabei immer wieder Mikrorisse im Material auftraten. Der Bienenforscher Jürgen Tautz und die Würzburger BEEgroup konnten nachweisen, dass die Kombination aus dem „intelligenten Werkstoff“ Wachs und dem Verhalten der Biene erst diese Struktur ermöglicht. Die Bienen bauen ihre Zellen zunächst

rund, anschließend erwärmt ein darauf spezialisiertes Tier das Wachs auf 45 Grad Celsius. So nimmt der Bau von allein die regelmäßige sechseckige Struktur an. Physiker und Ingenieure am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik in Braunschweig, die Leichtbau-Konstruktionen in der Luft- und Raumfahrt entwickeln, werten diese Entdeckung als Durchbruch für die Materialforschung.

Interessant ist auch die sogenannte Wölbstrukturierung, die sich beispielsweise im Panzer von Schildkröten wiederfindet. Dabei entstehen Strukturen durch das Falten des Stoffes, der dabei seine ursprünglichen Eigenschaften bewahrt. So kann eine hohe Biegesteifigkeit bei geringer Wanddicke und geringem Gewicht erzeugt werden. Die Firma Miele setzt dieses Prinzip bei ihren „Softtronic“-Wäschetrommeln ein, die sparsamer sind und mit der Wäsche sanfter umgehen.

Das extrem harte und bruchstichere Perlmutter gab den Anstoß für einen innovativen Weg zur Entwicklung zäher keramischer Materialien. Solche Materialien können beispielsweise als Folie, Membran oder zur Textilbeschichtung eingesetzt werden. Perlmutter ist ein Verbundwerkstoff mit einer regelmäßigen Anordnung von etwa 500 Nanometer dünnen Plättchen aus Calciumcarbonat. Zwischen den Plättchen befindet sich eine etwa 40 Nanometer dicke organische Schicht, die die Plättchen miteinander verklebt. Sie ist entscheidend für die Materialeigenschaften des Perlmutter.

## HAFTUNG AN GLATTEN FLÄCHEN

Für die Fähigkeit, an glatten Oberflächen zu haften und zu klettern, dient der bionischen Forschung der Gecko als Vorbild. Es gibt bereits den Prototyp eines sogenannten Geckomaten, der es einem Menschen ermöglichen wird, wie sein Vorbild an Wänden hochzuklettern. US-Forscher haben im Auftrag der NASA im Frühjahr 2002 synthetische Hafthaare hergestellt. Diese Haare eignen sich z. B. für Roboter, aber auch als Torwarthandschuhe oder als Klebstoffe in der Chirurgie. Für das Haften sind die Van-der-Waals-Kräfte, die molekulare Kraft zwischen Härchen und Oberfläche, verantwortlich. Ein ausgewachsener Gecko kann sich aufgrund dieser Kräfte mit einem einzigen Zeh an der Decke festhalten und könnte dabei theoretisch noch einen Eimer Wasser tragen.

Im Jahr 2002 ging der Wissenschaftspreis des Stifterverbandes an den Direktor des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Metallforschung, Eduard Arzt, und seine Mitarbeiter Prof. Huajian Gao und Dr. Stanislav Gorb sowie an Prof. Ralf Spolenak von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der klebstofffreien Verbin-

dung von Werkstoffen. Die Forschergruppe fand heraus, warum Fliegen, Spinnen und Geckos selbst auf Glas sicheren Halt finden, und entwickelte daraus technisch einsetzbare Haftsysteme. Verbindungstechniken wie Schweißen oder Kleben haben verschiedene Nachteile: Sie kosten Geld und lassen sich nur schwer wieder lösen. Klettverschlüsse verfilzen mit der Zeit und benötigen ein Gegenüber. Die Wissenschaftler untersuchten, wie verschiedene Tiere an der Decke haften können. „Der Vergleich verschiedener Tiere von Fliegen bis hin zu Geckos zeigt, dass die Härchen an den Laufflächen umso feiner und zahlreicher sind, je schwerer das Tier ist. (...) Kleineren Fliegen und Käfern reichen einfache, sphärische Härchen mit Durchmessern von ein paar Mikrometern, während die sehr viel schwereren Geckos feinverzweigte Härchen mit Enddurchmessern von 200 Nanometern (Millionstel Millimeter) ausbilden. Auch die Form der Härchen spielt eine wichtige Rolle. In der Natur haben sich vor allem kugelförmige, kegelförmige und haarartige Endstrukturen bewährt. Für technische Systeme sind hierbei der Phantasie kaum Grenzen gesetzt.“

#### BIONISCHE VORBILDER AUS DEM MEER

Die maritime Ökologie und Biodiversität ist sehr ergiebig für bionische Entwicklungen. Spezielle Lebensbedingungen der maritimen Ökologie wie Druck, Wasserwiderstand, Dunkelheit, Temperatur, chemische Zusammensetzung usw. haben evolutionäre Prozesse inspiriert, die ausgesprochen wertvolle Problemlösungen anbieten. Sie führen zur Entwicklung neuer Materialien, oft kombiniert mit nanotechnologischer Fertigung, oder sie bringen Formen hervor, die an die Lebensbedingungen unter Wasser angepasst sind:

Die Knollennase eines Öltankers ist der Schnauze von Walen und Delphinen nachempfunden. Sie senkt den Energieverbrauch des Schiffes um bis zu zehn Prozent. Ein Ozeanrieser mit 250 000 Bruttoregistertonnen spart damit auf der dreiwöchigen Reise vom Arabischen Golf nach Rotterdam 210 000 Liter Diesel.

Nicht nur der Kofferschiff ist Vorbild für strömungseffiziente Formen. Die walzenartige Körperform des Pinguins inspiriert die Konstrukteure von Unterwasserfahrzeugen. In ihrer Form sind Pinguine selbst U-Booten und Torpedos überlegen. Eselspinguine sind als Energiesparer unübertroffen. Bei einer ruhigen Schwimmgeschwindigkeit verbrauchen sie die Energiemenge, die eine 60-Watt-Glühbirne abstrahlt. Dabei bleibt der Rumpf von Pinguinen bei der Fortbewegung unter Wasser fast starr. Das macht sie als Vorbild besonders interessant, da Transportmittel wie U-Boote oder

Flugzeuge ebenfalls mit starrem Rumpf gebaut werden. Misst man den Strömungswiderstand eines schwimmenden Adeliepinguins, so erreicht dieser den unglaublichen  $c_w$ -Wert von 0,05 – die heutigen Spitzenreiter von Audi und Mercedes erreichen dagegen nur einen  $c_w$ -Wert von 0,25.

Auch das Vorbild der Haihaut hilft nicht nur in der Luft beim Spritsparen. Bremer Forscher entwickeln derzeit eine künstliche Haifischhaut als Schutz für Schiffsrümpfe gegen den Bewuchs mit Seepocken, Algen und anderen Lebewesen. Sie ist mit vielen kleinen Zähnen besetzt, die es Seepocken und Muscheln schwer machen, Halt zu finden. Diese hemmen die Fahrt des Schiffes, weil die Reibung des Schiffsrumpfes im Wasser um bis zu 15 Prozent zunimmt. Bisher werden als Antifouling meist giftige Schutzanstriche auf Basis von TBT (Tributylzinnhydrid) verwendet. Der Jetconcept-Schwimmanzug von adidas oder der Fastskin von Speedo reduzieren den Reibungsverlust ebenfalls durch mikroskopische Oberflächenstrukturen, die der Haihaut abgeschaut sind. Der australische Schwimmsportler Ian Thorpe trug diese Art von Anzug erstmals bei den Weltmeisterschaften 2003 in Barcelona und gewann zwei Goldmedaillen, eine Silber- und eine Bronzemedaille. Es ist zwar nicht vollständig geklärt, welchen Anteil der Anzug tatsächlich an seinem Erfolg hatte, jedoch gehen derzeit die deutschen Schwimmer gegen ihren Verband auf die Barrikaden, weil sie sich in ihren Schwimmanzügen chancenlos fühlen.

Die Byssusfäden der Miesmuscheln dienen als Vorbild für einen Dreikomponenten-Unterwasserkleber. Es gibt zurzeit keinen Klebstoff, der z. B. im Salzwasser an einem so glatten Material wie Teflon haften kann. Forscher am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung wollen den Muschelklebstoff für medizinische Anwendungen nutzen. Eine gerissene Milz könnten Chirurgen vielleicht bald mit einem neuartigen Bionik-Kleber zusammenfügen, Knochen zusammenkleben oder Zahnersatz im Kiefer verankern. Die stärksten bisher entdeckten Kleber produziert allerdings ein Süßwasser-Bakterium. Eine beklebte Fläche von der Größe eines Centstücks kann eine Last von 1,3 Tonnen halten. Und da er biologisch abbaubar ist und auch auf nassen Oberflächen haftet, wäre er für medizinische Zwecke sehr geeignet.

#### SEEHUND-ROBOTER UND AMEISEN-LOGISTIK

Wissenschaftler der Technischen Universität Delft haben das kleinste fliegende Überwachungsgerät der Welt entwickelt, einen Flugroboter nach dem Vorbild der Libellen. Das „Delfly Micro“ wiegt etwa drei Gramm und ist zehn Zentimeter lang. Als Nutzlast trägt es eine kleine Kamera zur

selbständigen Steuerung. Sehr wichtig ist die bionische Forschung auch für die Entwicklung von Robotern, deren Einsatzmöglichkeiten stark eingeschränkt sind, solange sie von Menschen gesteuert werden müssen. Auch hier liefert die Natur jede Menge Baupläne.

Barthaare und Brauen sind für Seehunde sehr wichtige Sinnesorgane, die zur Orientierung und bei der Jagd eingesetzt werden. So vermögen sie mit ihren „Vibrissen“ genannten Spürhaaren, Nachlaufspuren von Tieren noch in 120 Meter Entfernung aufzunehmen. Dieses System könnte in der Robotik neue Impulse in der Steuerung der Roboter unter Wasser geben. Sonden, die mit Sensoren nach Art der Seehund-Barthaare ausgestattet sind, können dafür verwendet werden, Lecks in Wasserleitungen aufzuspüren. Erkenntnisse über die Navigation des Hummers führten zur Entwicklung eines „Robolobsters“, der unter Wasser Minen oder Lecks in Pipelines aufspüren soll. Der Unterwasserflug und die flexible Körperform des Mantarochens führte zu einem Konzept eines intelligenten autonomen Unterwassergleiters.

Nach dem Organisationsvorbild von Ameisenstaaten entwickelte Siemens eine Software, mit der Waren effektiver zum Kunden kommen können. Durch die Übernahme naturnaher Algorithmen ist es in einem Pilotprojekt gelungen, die Anzahl pünktlicher Lieferungen zu verdoppeln und Lieferverzögerungen um bis zu 44 Prozent zu reduzieren. Das „Insektenprogramm“ ordnet die einzelnen Aufträge zu und schlägt vor, welche Pakete wann auf die Reise geschickt werden sollen. Dabei nimmt es an, dass das Versandlager der Ameisenbau und die Kunden die Futterquellen sind. Wie Ameisen laufen die Pakete bildlich gesprochen zuerst rein zufällig los und kommunizieren miteinander. Auf diese Weise finden Ameisen sehr schnell den kürzesten und einfachsten Weg. Als Ergänzung dient bei Siemens ein Programm, das den Wespen abgeschaut wurde. Im Wespenstaat gilt das Prinzip: Je wichtiger die Tätigkeit einer Wespe für den Stock ist, desto eher setzt sie sich gegen andere Wespen durch. Diese Art der Hierarchisierung wird in die mathematischen Logistik-Modelle eingebaut. Verknüpft man nun die Ameisen- und Wespenmodelle in Programmen, die mit sogenannter Fuzzy-Logik (Modellierung von Unsicherheiten und Unschärfen) arbeiten, dann arbeitet das so entstehende Logistikprogramm ausgesprochen effizient. In Experimenten wurde eine Liefertreue von 97 Prozent erreicht.

Abläufe in der Natur lassen sich auch grundsätzlich nachahmen. Die Evolution selbst arbeitet höchst effizient nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum. Heraus kommen Lösungen, die durch mathematische Be-

rechnungen innerhalb kalkulierbarer Fristen gar nicht zu entdecken sind. Das wohl bekannteste Beispiel für die technische Nutzung von Evolutionsprinzipien stammt aus der Entwicklung von Düsen. Für die Stromerzeugung von Satelliten sind Überschalldüsen notwendig, bei denen jede Verengung und Erweiterung bestimmte Effekte mit sich bringt. Dabei sind fast unendlich viele Varianten der Anzahl und der Winkel solcher Verengungen denkbar. Es wurden zufällige Änderungen der Düsenform in verschiedenen Kombinationen im Labor getestet und die Formen mit dem besten Wirkungsgrad für die Weiterentwicklung herangezogen. Dies entspricht in der Evolution den Prinzipien der Mutation, Rekombination und Selektion. Auf diese Art konnte in einer überschaubaren Zeit der Wirkungsgrad der herkömmlichen Düse um 40 Prozent erhöht werden.

### DER PREIS DER BIONIK

Die Frage des Marktwerts kann man nicht so einfach klären. Viele Erfindungen der bionischen Forschung lassen sich nicht direkt in Umsätze umrechnen; sie verbessern Materialien, verringern das Gewicht oder die Reibung oder erhöhen auf andere Weise die Qualität eines Produkts. Welchen Anteil diese Verbesserung aber am Unternehmensumsatz hat, ist kaum zu beziffern. Mit dem Klettverschluss konnte der Grundstock für einen internationalen Konzern gelegt werden. Die Nutzung von Abwehrstoffen aus Korallen gegen die UV-Strahlung hat für die Kosmetikindustrie einen geschätzten Marktwert von mehreren hundert Millionen Dollar. Welche Umsätze der Hightech-Backstein ThermoCellit oder die Fassadenfarbe Lotusan generieren, ist Betriebsgeheimnis. Auch wenn er sich nicht genau beziffern lässt, kann man bei der Bionik von einem rasant wachsenden Markt sprechen. Doch dessen weitere Entwicklung hängt auch von der Sicherung seiner Ressourcen ab. Man kann nicht klar sagen, welche Bedeutung nun eine einzelne Tierart für die technische Entwicklung hat. Neben den drehenden Samen von Ahorn und Schneckenklee standen auch die Libellen Pate bei der Erfindung des Hubschraubers. Alle Libellen sind ausgezeichnete Flieger, die jeden Flügel unabhängig von den anderen bewegen können. Aber ihr Flugverhalten unterscheidet sich zum Teil deutlich voneinander. Manche Arten können sogar rückwärts fliegen oder kurzfristige eine Geschwindigkeit von bis zu 40 km/h erreichen. Die Blauflügel-Prachtlibelle steht in Deutschland auf der Roten Liste der aussterbenden Tiere. Sie hat ein ausgeprägtes Territorial- und Balzverhalten und nutzt dafür eine spezielle Technik des Schwirrfuges. Stirbt sie aus, so stirbt mit ihr ein bestimmtes Bewegungsprinzip. Im Moment kann niemand

sagen, ob dieses Prinzip als Vorbild für eine technische Innovation dienen kann oder nicht. Aber das Vorbild der Libellen ist nach wie vor gefragt.

Ob Bakterien aus den heißen Quellen des Yellowstone-Nationalparks oder Abwehrmechanismen von Pflanzen gegenüber Schädlingen – die Biosphäre hält noch viele bislang unbekannte Stoffe und Baupläne bereit. Ungefähr 1,75 Millionen Arten wurden bisher beschrieben. Dies ist jedoch nur ein Bruchteil der gesamten Artenzahl der Erde, die von der Wissenschaft derzeit auf 10 bis 20 Millionen geschätzt wird. Viele Arten des wirtschaftlichen Nutzens durch die Natur sind noch gar nicht entdeckt. Umso problematischer ist der Artenrückgang zu beurteilen. Erhalten wir die biologische Vielfalt, können die Ingenieure auch künftig von den genialen Vorbildern der Natur lernen und zahllose Innovationen auf den Weg bringen.

Werner Nachtigall, der Nestor der bionischen Forschung, beschreibt diesen Vorteil mit den Worten: „Auf unserer Erde existiert eine Unzahl von Organismen, Mechanismen und Systemen, die alle eine gemeinsame Eigenschaft haben: Wenn sie nicht gestört werden, funktionieren sie trotz ihres komplexen Aufbaus reibungslos. Das müssen die vom Mensch geschaffenen Systeme erst noch lernen.“

Für dieses Lernen hält die Natur eine Unzahl von Lehrplänen bereit. Die Bionik steht erst noch am Anfang, ihre Potenziale sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Deshalb kommt es nicht nur darauf an, die Erkenntnisse zu mehren, sondern auch die Ressourcen zu schützen, aus denen sie gewonnen werden. Bereits vor Jahren hat der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU) festgestellt, dass „die Biosphäre noch viele bislang unbekannte Stoffe und Baupläne für den Menschen bereit (hält), deren Optionswerte im Hinblick auf eine künftige Nutzung gesichert werden müssen. Besonders große Chancen bestehen in Gebieten, in denen sich die biologische Vielfalt in natürlichen Ökosystemen konzentriert (z. B. tropische Wälder, Korallenriffe) und daher vergleichsweise viele interessante ‚Lösungen‘ biochemischer oder struktureller Art zu finden sind. Diese Brennpunkte der biologischen Vielfalt sind besonders schützenswert.“ Diese Feststellung ist nach wie vor aktuell.

#### Zum Weiterlesen

Nachtigall W (2002): *Bionik – Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Springer Verlag

BMBF (2005): *Innovationen aus der Natur. Förderkonzept Bionik*. Bonn, Berlin

WWF Deutschland (1991): *Bionik. Patente der Natur*. München: Pro Futura

Rechenberg I (2008): *PowerPoint-Folien zur Vorlesung Bionik I*, TU Berlin, <http://www.bionik.tu-berlin.de/institut/skript/FoB1.htm>

Akgül G (2002): *Bionik – Trends in Industrie und Gesellschaft und Anwendungen bei der Continental AG*, [http://www.biokon.net/bionik/download/Conti\\_bionic\\_studie\\_de.pdf](http://www.biokon.net/bionik/download/Conti_bionic_studie_de.pdf)

Braun (2002): *Die Geschichte der Bionik*. In: *BdB-Verbandszeitschrift „Grün ist Leben“ Vol. 7-8/2002*, <http://www.bund-deutscher-baumschulen.de/>

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## DER TEUFELSKREIS DER TEUFELSKRALLE

Die afrikanische Teufelskralle ist bei uns begehrt, davon profitieren Pharmaindustrie und Händler – nur die San nicht, die sie ernten. Doch das ändert sich.

Vorsichtig legt Jakob die Pfahlwurzel der Kriechpflanze mit den dunkellila Blüten, die überall im sandigen Boden der Kalahari rund um Vergenoeg (Namibia) wächst, auf einer Seite frei. Mit flinken Fingern folgt der Buschmann (San) einer der waagrechten Nebenwurzeln, die sich nach zwanzig Zentimetern zu einer länglichen Knolle verdickt. Für die Pflanze ist dies ein Wasserspeicher für die regenlose Zeit, für die San seit Generationen ein Hausmittel gegen Entzündungen, Schmerzen und Fieber. Den Namen Teufelskralle (*Harpagophytum procumbens*) hat die Pflanze wegen der schwarzen, verkohlten Samenkapseln mit den aufgerichteten Widerhaken erhalten. Ohne die San wäre vermutlich niemand auf die Idee gekommen, dass der unscheinbare Bodendecker einen Stoff mit vielfältiger, heilkräftiger

Wirkung produziert. Es war der Deutsche G. H. Mehnert, der dieses Wissen den San entlockte. Er war während des Herero-Aufstandes im damaligen Deutsch-Südwestafrika Soldat bei der Kolonialtruppe. Er beobachtete eines Tages, wie einer der Buschmänner einen Verwundeten mit der Heilpflanze kurierte.

Seither hat sie einen Siegeszug durch die Naturheilpraxen und Apotheken der Industrieländer angetreten. Patente für die Gewinnung und Verarbeitung der Rohstoffe wurden angemeldet. Insbesondere im letzten Jahrzehnt explodierte die Nachfrage. Namibia ist heute weltweit der größte Lieferant, 2002 brachte die Ausfuhr von mehr als 1000 Tonnen dem Land umgerechnet etwa fünf Millionen US-Dollar ein. Der wichtigste Markt ist Deutschland, wo die Teufelskralle das beliebteste Rheuma-

mittel und das dritthäufigste Naturheilmittel überhaupt ist.

Doch die San profitierten bisher kaum von dem kommerziellen Erfolg. Sie bekamen oft nur drei, vier Namibia-Dollar für das Kilo getrockneter Knollen, den größten Teil kassierten die Zwischenhändler. Weil die Bezahlung so gering und die Nachfrage so groß ist, wurden und werden die natürlichen Bestände bis über die Grenze ihrer Regenerationsfähigkeit hinaus ausgebeutet. Doch das beginnt sich zu ändern. Auf der Gemeinschaftsfarm Vergenoeg etwa wird – beraten von der Arbeitsgruppe Indigener Minderheiten im Südlichen Afrika WIMSA und dem namibischen Forschungs- und Informationszentrum CRIAA – die Teufelskralle seit mehreren Jahren geerntet, ohne den Bestand zu zerstören. Auch in Schutzgebieten wie Nyae Nyae oder

Naa-Jaqua werden die San-Gemeinschaften in nachhaltigen Ernte- und Verarbeitungstechniken geschult. Es werden Landnutzungspläne aufgestellt. Allein dort ernteten sie im Jahr 2007 Teufelskrallen-Wurzeln mit einer Trockenmasse von rund 400 Tonnen und erzielten damit einen Umsatz von etwa 400 000 Namibia-Dollar (ca. 40 000 US-Dollar). „Durch eine eigene Vermarktung können wir die Zwischenhändler ausschalten und den San zu einem besseren Einkommen verhelfen“, erzählt CRIAA-Mitarbeiter David Cole. Schritt für Schritt wird eine organische Zertifizierung eingeführt. Das Öko-Label bringt höhere Preise und bietet somit einen Anreiz zur nachhaltigen Nutzung. Es besteht die berechtigte Aussicht, dass sich die Abwärtsspirale niedriger Preise und übermäßiger Ausbeutung umkehrt.

# Medizinschrank Natur

Pflanzen und deren Bestandteile waren seit jeher die Basis für die Versorgung der Menschheit mit Heilmitteln. Erste Aufzeichnungen über entsprechende Anwendungen stammen aus dem Jahr 2600 vor Christus, sie wurden in Mesopotamien gefunden. Damals wurden schon Substanzen u. a. aus der Zeder und der Zypresse sowie aus Myrrhe und Schlafmohn gewonnen, die auch heute noch eingesetzt werden. Aus Ägypten stammt ein auf Papyrus geschriebenes Dokument aus dem Jahr 1500 v. Chr., in dem bereits annähernd 700 Arzneistoffe (hauptsächlich Pflanzen) beschrieben werden. Auch aus anderen frühen Hochkulturen gibt es zahlreiche Beschreibungen der medizinischen Nutzung von Pflanzen.

Der spektakulärste Fund der jüngeren Geschichte gelang sicherlich dem englischen Bakteriologen und Nobelpreisträger Alexander Fleming, der 1929 in einem Schimmelpilz das Penicillin entdeckte, den Prototyp aller Antibiotika. Der Marktwert dieser Entdeckung lässt sich kaum beziffern. Bis heute gehören die Antibiotika auf der Grundlage des Penicillins zu den weltweit umsatzstärksten Arzneimitteln. In diese Gruppe gehört auch das Aspirin, das F. Hoffmann 1897 synthetisierte und ein Jahr später auf den Markt brachte. Es ist der erste therapeutisch genutzte und bislang auch profitabelste Wirkstoff, der ursprünglich aus einem pflanzlichen Organismus gewonnen wurde. Jährlich werden etwa 50 000 Tonnen Aspirin® hergestellt. Obwohl der Stoff seit mehr als einhundert Jahren angewandt wird, ist sein Wirkmechanismus bis heute noch nicht vollständig erforscht.

Der Markt für Produkte aus biologischen Rohstoffen in allen Branchen hatte 1999 bereits weltweit ein Volumen von etwa 500 bis 800 Milliarden US-Dollar. Er hat damit die gleiche Größenordnung wie der Umsatz der Computer- und Informationstechnologie mit 800 Milliarden US-Dollar und der Umsatz der Petrochemie mit 500 Milliarden US-Dollar. Den größten Anteil an diesem Markt haben naturgemäß die landwirtschaftlichen Produkte mit 300 bis 400 Milliarden US-Dollar und der damit verbundene Saatguthandel mit 30 Milliarden US-Dollar. Auf biotechnologische Produkte entfallen 60 bis 120 Milliarden US-Dollar. Der weltweite Markt für Pharmazeutika aus genetischen Ressourcen hatte immerhin ein Volumen von 75 bis 150 Milliarden US-Dollar, der für pflanzliche Medizin eines von 20 bis 40 Milliarden US-Dollar, und kosmetische Produkte wurden in einer Größenordnung von 2,8 Milliarden US-Dollar umgesetzt.

Nun stammt nicht jedes Pharmazeutikum aus natürlichen Ressourcen. Pharmazeutische Wirkstoffe lassen sich, entsprechend der Art und Weise, wie sie gewonnen werden, in sechs Kategorien unterteilen:

1. Der Wirkstoff wird direkt aus einem Organismus gewonnen.
2. Der Wirkstoff entsteht durch chemische/mikrobakterielle Umwandlung eines Stoffes, der aus einem Organismus gewonnen wird.
3. Der Wirkstoff entsteht durch eine synthetische Herstellung nach direktem Vorbild eines Naturstoffes.
- 4a Der Wirkstoff weist eine synthetische Struktur auf, die sich historisch von einem Naturstoff ableitet, der ursprünglich durch traditionelles Wissen genutzt wurde.
- 4b Der Wirkstoff weist eine synthetische Struktur auf, die sich historisch von einem Naturstoff ableitet, ohne Verbindung zu traditionellem Wissen.
5. Der Wirkstoff hat eine synthetische Struktur ohne natürliches Vorbild.
6. Der Wirkstoff ist ein rekombinantes Protein, d. h. ein Eiweiß, das mit Hilfe von gentechnisch veränderten (Mikro-) Organismen hergestellt wurde.

Im Jahr 1993 gehörten 80 Prozent der 150 in den USA am häufigsten verschriebenen Medikamente den Kategorien 1 bis 3 an, d. h., sie wurden direkt aus Naturmaterialien gewonnen bzw. synthetisiert. Betrachtet man die Bedeutung dieser natürlichen Ressourcen für die 50 umsatzstärksten Medikamente aus den Kategorien 1 bis 3, so erhält man für das Jahr 2005 einen Gesamtumsatz von 37 Milliarden US-Dollar für Medikamente aus Naturstoffen.

## VERHÜTENDE PFLANZEN UND HEILENDE GIFTE

In 1400 Tropenpflanzen wurden bisher mögliche Wirkstoffe gegen Krebserkrankungen entdeckt. Die Wurzel der mexikanischen Yams-Pflanze lieferte den ersten Wirkstoff für die Antibabypille. Silberkerzenextrakt dient als Ersatz für Hormonpräparate, Mutterkrautextrakt wird bei Migräne und Johanniskrautextrakt wurde zeitweise gegen Depressionen angewandt. Sie sind aus der modernen Medizin nicht wegzudenken. Die Beispiele lassen sich fast beliebig fortsetzen. Zieht man in Betracht, dass diese erfolgreichen Medikamente gefunden wurden, obwohl vor zehn Jahren erst

5000 der geschätzten 240 000 Gefäßpflanzen vollständig wissenschaftlich auf ihre Eignung als Medikament untersucht worden waren, so wird das ganze pharmazeutische Potenzial deutlich, das noch in der Natur schlummert. Heute sind etwa 50 Prozent aller weltweit zugelassenen Medikamente pflanzlichen Ursprungs, mit mehr als 120 000 beschriebenen Naturstoffen sind Pflanzen die größte natürliche Ressource für neue Arzneimittel, obwohl sich die Forschung seit Mitte des 20. Jahrhunderts verstärkt den Mikroorganismen und seit etwa 30 Jahren den marinen Wirkstoffen zuwendet.

Beispiele für Wirkstoffe, die nach dem Vorbild der Natur synthetisiert werden konnten, sind neben den Klassikern Penicillin, Aspirin, Morphium und Chinin das aus der chinesischen Medizin stammende Artemisinin gegen Malaria oder das erst 1987 eingeführte, aber mittlerweile in der Brustkrebstherapie unverzichtbare Taxol® und Taxotère® aus Eibenrinde und -nadeln, das als erstes pflanzliches Medikament 1999 die Umsatz-Schallmauer von einer Milliarde US-Dollar durchbrach. Ein bereits vor 60 Jahren im Madagaskar-Immergrün entdeckter Wirkstoff gegen Leukämie erhöhte die Überlebensrate erkrankter Kinder um ein Vielfaches, manche Quellen sprechen sogar von einem Anstieg von 10 Prozent auf 95 Prozent.

Auch die Tierwelt liefert immer wieder potente Wirkstoffe. In der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) finden etwa 750 verschiedene Tierarten Verwendung, wobei bei einigen selten gewordenen Tierarten die Bejagung für medizinische Zwecke neben anderen Faktoren zur Reduzierung der Bestände beiträgt. Curare, ein indianisches Pfeilgift, das aus der Haut des Pfeilgiftfrosches (Goldener Blattsteiger, *Phyllobates terribilis*) gewonnen wird, wird bei der Behandlung von Muskelkrämpfen eingesetzt. Der daraus entwickelte synthetische Wirkstoff ABT 594, der sich in Phase II der klinischen Tests befindet, zeigt die 30- bis 100fache Wirkung von Morphium. Ein Beispiel für Wirkstoffe aus der Tierwelt, das besonders prominent wurde, ist ein blutdruckstabilisierendes Medikament, das von einer Buschvipere aus dem Amazonasgebiet stammt; der ehemalige US-Präsident Reagan wurde nach dem auf ihn verübten Attentat unter anderem dadurch gerettet.

Insbesondere die Welt der Pilze ist aus medizinischer Sicht äußerst vielversprechend. Derzeit sind nur etwa 70 000 bis 100 000 Pilzarten identifiziert und klassifiziert, die Schätzungen gehen jedoch von einer Gesamtzahl von 1,5 bis 10 Millionen Arten aus. Die meisten davon sind als Schimmelpilze mikroskopisch klein, und nur wenige bilden einen Fruchtkörper aus wie die bekannten Speisepilze. Damit stellen die Pilze eines der größten

unerschlossenen Reservoirs an Naturstoffen dar, denn Pilze haben einen extrem vielfältigen Sekundärstoffwechsel. Sekundärstoffe sind Substanzen, die von einer Zelle produziert werden, ohne dass sie direkt vom Organismus selbst benötigt werden. Dafür sind sie aber ein lebenswichtiger Bestandteil des umgebenden Ökosystems, von dem der Organismus wiederum abhängt. Sekundärmetabolite und -stoffe sind z. B. Blütenfarbstoffe, Verteidigungssubstanzen oder Stoffe, die für andere Organismen Nahrungsquellen erschließen. Pilze haben noch weitere Vorteile: Sie wachsen auf organischen Materialien und können relativ problemlos in Bioreaktoren kultiviert werden, um verschiedene Stoffe herzustellen. Sie werden beispielsweise zur biotechnischen Produktion von Grund- und Feinchemikalien, Enzymen, Lebens- und Futtermittelzusätzen, Pharmawirkstoffen und Agrochemikalien sowie Hilfsstoffen für verarbeitende Industrien etc. genutzt.

#### VOM WIRKSTOFF ZUM MEDIKAMENT

Es ist ein langer Weg von der Entdeckung eines Wirkstoffs bis zum kommerziell nutzbaren Medikament. Wenn ein neuer Wirkstoff („New Chemical Entity“, NCE) entdeckt ist, startet die präklinische Phase. Der Wirkstoff wird anhand einer genau definierten Batterie von Zell-Linien getestet (Screening). Sind die Resultate vielversprechend, werden Wirksamkeit und toxische Nebeneffekte analysiert. Die vorklinische Phase dauert mehrere Jahre. Für die nächsten Schritte wird heutzutage üblicherweise ein industrieller Partner benötigt, der die Finanzierung übernimmt und im Gegenzug das Ergebnis für sich lizenzieren lässt. Das zuständige Gesundheitsministerium muss informiert werden, und dann werden mehrere Jahre lang klinische Tests an Freiwilligen durchgeführt. Sind diese erfolgreich abgeschlossen, kann eine Anwendung des Wirkstoffs angekündigt werden. Sie wird durch das zuständige Ministerium geprüft, bevor er auf den Markt gebracht wird. Die Markteinführung wird in den ersten Jahren durch eine postklinische Forschung begleitet, um unvorhergesehenen Nebeneffekten möglichst schnell auf die Spur kommen zu können.

In der Pharmaindustrie bemisst sich der Wert eines Produkts nach dem Wert des Rohstoffs, dem Mehrwert, der durch die Verarbeitung entsteht, und der Größe der Nachfrage. Der Wert des Rohstoffs hängt unter anderem davon ab, wie selten er ist, wofür er noch Verwendung findet, wie schnell er sich regeneriert, wo er gefunden wird und wie exklusiv er genutzt werden kann. In die Wertberechnung müssen zudem die Kosten für die Sammlung und Aufbereitung des Rohstoffs, die Extrahierung des Gen-

materials, die Kultivierung von Zellkulturen, die Kosten für das Screening, die Kosten für die Patentierung und vieles mehr einbezogen werden, bevor überhaupt an eine Produktion und Vermarktung gedacht werden kann. Gleichwohl sind Entdeckungen aus der Natur wirtschaftlich lohnend. Die Entwicklungskosten eines synthetischen Medikaments bis zur Zulassungsreife liegen bei etwa 24 Millionen bis 100 Millionen US-Dollar. Es kann deutlich kosteneffizienter sein, wenn man entsprechende Wirkstoffe in der Natur entdeckt.

## WERT UND WERTSCHÄTZUNG PFLANZLICHER ARZNEI- UND HEILMITTEL

50 Prozent aller weltweit zugelassenen Medikamente sind pflanzlichen Ursprungs. Weltweit werden etwa 50 000 bis 70 000 Pflanzenarten für medizinische Zwecke verwendet. Die globale Erntemenge beträgt laut Selbstdokumentation der Länder bei der FAO etwa 121 000 Tonnen (gemessen in Tonnen Trockengewicht gehandelter Rohware). Experten schätzen das Volumen jedoch auf bis zu 400 000 Tonnen mit einem Gesamtwert von 60 bis 80 Milliarden US-Dollar. Für manche Länder und Regionen sind diese Pflanzen ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. So sind sie in Nepal das zweitwichtigste Exportgut.

Medikamente, die ausschließlich aus Heilpflanzen gewonnen wurden, haben auf dem europäischen Markt ein jährliches Verkaufsvolumen von etwa fünf Milliarden Euro, davon allein zwei Milliarden Euro in Deutschland. Gemäß einer Studie des Instituts für Demoskopie Allensbach wenden 79 Prozent der Frauen und 66 Prozent der Männer in Deutschland Naturheilmittel an. Etwa 40 000 Tonnen Pflanzen und Kräuter von 1500 Pflanzenarten aus über 100 Ländern werden importiert. Aus ihnen werden häufig eingesetzte Medikamente gewonnen, so Crataegus zur Herzstärkung aus dem Weißdorn, Scopolamin gegen Reisekrankheit aus der Tollkirsche, Aescin gegen Venenkrankheiten aus der Rosskastanie oder Digoxin zur Behandlung von Herzmuskelschwäche aus dem Fingerhut. Allerdings wird in Deutschland nur sehr begrenzt wild gesammelt – die Pflanzen, die wir hier nutzen, kommen u. a. aus Südosteuropa.

Phytopharmaka sind in der Bevölkerung beliebt, wegen ihres natürlichen Ursprungs erfreuen sie sich einer hohen Akzeptanz. Sie sind Teil des wachsenden Wellness-Trends, immer mehr Menschen wenden sich der Natur und einer bewussten und gesunden Lebensführung zu. Im Jahr 2003 wurden in Deutschland 1,75 Milliarden Euro allein in Apotheken mit dem Verkauf von Pflanzenpräparaten umgesetzt. Diese Zahl verringerte

sich in Folge der Gesundheitsreform 2004, da seitdem die Patienten die Kosten dafür meist selbst tragen müssen – von den ca. 2500 zugelassenen pflanzlichen Heilmitteln werden gerade einmal vier pflanzliche Wirkstoffe für eine definierte Therapieform von den Krankenkassen übernommen. Trotzdem wurden 2007 in deutschen Apotheken immer noch Phytopharmaka im Wert von 1,29 Milliarden Euro verkauft, das ist knapp ein Viertel aller verkauften Medikamente. Zu dieser Summe muss man noch den Verkauf in Drogerien, Reformhäusern und Supermärkten rechnen. Etwa zwei Drittel der Bevölkerung stehen der Selbstmedikation bei kleineren Erkrankungen positiv gegenüber, wobei die wichtigsten Medikamente Schmerzmittel und Mittel gegen Erkältungen sind. 82 Prozent der Befragten schätzen die Gefahr von Nebenwirkungen bei Naturheilmitteln als gering ein und nur ein Prozent als groß.

Deutschland gehört zu den Welthandelszentren für Medizinal- und Aromapflanzen. Noch bis in die siebziger Jahre hinein war Deutschland in der Naturstoff-Forschung, gemessen an der Zahl und Qualität von wissenschaftlichen Publikationen, weltweit führend. Inzwischen wurde es von den USA und Japan aus der Spitzenposition verdrängt.

Nur ein verschwindender Bruchteil der aus Deutschland exportierten Heilpflanzenware wird tatsächlich auch hier angebaut. Der Großteil wird durch deutsche Zwischenhändler importiert und nach der Verarbeitung wieder in andere Länder ausgeführt. Die starke Rolle Deutschlands lässt sich an den Umsätzen auf dem Weltmarkt ablesen. 1991 bis 2003 importierte Deutschland etwa 45 000 Tonnen Medizinalrohstoffe aus Pflanzen mit einem Gesamtwert von gut 100 Millionen US-Dollar und exportierte im gleichen Zeitraum 15 000 Tonnen (also ein Drittel der Importe) mit einem Gesamtwert von immerhin noch knapp 70 Millionen US-Dollar. Damit liegt Deutschland weltweit auf Rang vier bei den Importen und auf Rang fünf bei den Exporten.

## NUTZUNG, ÜBERNUTZUNG UND BIOPIRATERIE

Weltweit werden ca. 50 000 bis 70 000 Pflanzenarten medizinisch genutzt und etwa 3000 Arten gehandelt. Nur rund 900 Arten werden kultiviert, der überwiegende Teil dieser Pflanzen wird jedoch aus Wildsammlung gewonnen. Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) schätzt aufgrund von Angaben der Weltnaturschutzunion (International Union for Conservation of Nature, IUCN), dass als Ergebnis von nicht nachhaltigen Sammelpraktiken bis zu 15 000 Heil- und Aromapflanzen bedroht sind. In Europa werden mindestens 2000 Heil- und Aromapflanzen kommerziell genutzt,

wovon immerhin 1200 bis 1300 auch in Europa vorkommen. Davon werden etwa 90 Prozent aus Wildsammlungen gewonnen.

Aufgrund der fehlenden Nachhaltigkeit erschöpft sich nicht nur eine wirtschaftliche Ressource, die Menschen in den betroffenen Ländern verlieren dadurch auch ihre Lebensgrundlage. Noch heute sind in Afrika knapp 80 Prozent der Bevölkerung in ihrer medizinischen Versorgung auf Naturheilmittel angewiesen. Ihr Wissen um die Wirkungen der Heilpflanzen ist für sie überlebensnotwendig, und schon das Verschwinden einzelner Arten kann zu einer ernsthaften Bedrohung der Gesundheitsversorgung werden. Kontrollierte Sammlung, der gezielte Anbau von Heilpflanzen und die synthetische Herstellung von Wirkstoffen helfen dabei, die Potenziale zu erhalten.

Dazu müsste allerdings die Art der Ausbeutung der Heilpflanzenvorkommen und die internationale Arbeitsteilung, in die sie eingebunden ist, verändert werden. Plakativ und stark vereinfacht könnte man sagen, dass die Entwicklungs- und Schwellenländer die biologische Vielfalt und die genetischen Ressourcen haben, die Industrieländer die Kapazitäten zu Forschung und Vermarktung. Da mit der Entdeckung neuer Wirkstoffe große kommerzielle Erwartungen verbunden sind, wird das Potenzial im Rahmen des Bioprospectings gezielt erschlossen. Für die großen Pharmaunternehmen liefert das traditionelle Wissen indigener Völker oft wichtige Hinweise auf neue Wirkstoffe: Das traditionelle Wissen der im südlichen Afrika lebenden San um die Wirkung der Hoodia-Pflanze bescherte uns die Aussicht auf ein neues Diätmittel, und von den Zulus stammt das Wissen um die Wirkung der Kapland-Pelargonie gegen Husten und Bronchitis.

Die Teufelskralle *Harpagophytum procumbens* ist ein Beispiel für den Teufelskreis, in den mangelnde Nachhaltigkeit führt – und für die Wege, auf denen man ihm entkommen kann. Sie kommt vor allem in Namibia, Botswana und Südafrika vor. Ihre Wurzeln liefern einen Wirkstoff gegen rheumatische Schmerzen, der Verbrauch stieg von 20 Tonnen Anfang der neunziger Jahre auf mehr als 600 Tonnen 1999. Die natürlichen Bestände sind inzwischen zumindest regional bedroht. Da die Sammler und Sammlerinnen der wildlebenden Pflanzen nur wenig Erlösen, sammeln sie eher zu viel und haben keinen Anreiz, auf eine schonende Sammlung zu achten. Allein Namibia exportierte 2002 mehr als 1000 Tonnen Rohstoff, was dem Land etwa fünf Millionen US-Dollar einbrachte. Im Jahr 2007 ging die Erntemenge der Teufelskralle bei den San, einer indigenen Volksgemeinschaft, die diese Pflanzen sammelt und nutzt, auf 400 Tonnen zurück

und erbrachte einen Umsatz von 400 000 Namibia-Dollar (ca. 40 000 US-Dollar), wobei etwa 1000 Sammler registriert sind. Wichtigster Markt ist Deutschland, hier ist die Teufelskralle das dritthäufigste Naturheilmittel überhaupt. Die „Erfinder“ des Medikaments, die San (Buschmänner), haben allerdings kaum etwas davon, den größten Teil verdienen die Zwischenhändler. Wegen der Übernutzung der natürlichen Vorkommen werden mittlerweile vermehrt Anstrengungen unternommen, die Pflanze zu kultivieren. Die Verlierer wären jedoch wiederum die San, die dafür weder das Land noch die Technologie besitzen und sonst kaum Einkommensquellen haben.

Wie es besser laufen kann, zeigt die Vereinbarung zum Vorteilsausgleich, die der südafrikanische Rat der San mit dem halbstaatlichen südafrikanischen Forschungsinstitut Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) geschlossen hat. Gegenstand dieser Vereinbarung ist eine andere „Entdeckung“ der San, die Hoodia-Pflanze, die traditionell genutzt wurde, um auf der Jagd ihren Durst zu stillen und das Hungergefühl zu bekämpfen. Als Appetitzügler lässt sich damit in den Industrieländern viel Geld verdienen, und so bestimmten die Wissenschaftler des CSIR den Wirkstoff, meldeten ihn zum Patent an und verkauften Nutzungsrechte und Produktionslizenzen. Durch den engagierten Einsatz von NGOs wurde dann der Vertrag ausgehandelt, der das traditionelle Wissen der San als Grundlage für die Nutzung der Hoodia-Pflanze anerkennt und einen entsprechenden finanziellen Ausgleich von sechs Prozent der zu erwartenden Lizenzgebühren vorsieht. Es ist international eines der ersten Abkommen dieser Art. Geht es nach dem UN-Übereinkommen über die biologische Vielfalt, dann muss für derartige Forschungen und Patentierungsbemühungen für traditionell genutzte Naturschätze schon frühzeitig eine sogenannte vorherige informierte Zustimmung (prior informed consent, PIC) eingeholt werden.

Eines der ersten häufig zitierten Beispiele für internationale Abkommen zum Bioprospecting lieferte Costa Rica. Im Regenwald von Costa Rica suchen Pharmakonzerne nach Mitteln gegen Krebs, Aids und Alzheimer. Insgesamt sind 22 wirtschaftliche und akademische Partner beteiligt, darunter Merck, Diversa, Eli Lilly und andere. Allein die Firma Merck meldete aus ihrer Beteiligung 27 Patente an. Die Unternehmen schließen Abkommen mit dem Nationalen (privatrechtlich organisierten) Institut für Biodiversität INBio, die ihnen für eine begrenzte Laufzeit die Suche nach bestimmten Wirkstoffen ermöglichen. Mitarbeiter des Instituts verschlüsseln die für Konzernlabors bestimmten Proben mit einem Code, sodass

deren Herkunft nicht erkennbar ist. Will ein Konzern mehr davon haben, muss er sich an die costa-ricanischen Behörden wenden. INBio bildet mit den Einnahmen Einheimische zu Pflanzensammlerinnen und -sammlern aus. Laut dem Abkommen sollen zehn Prozent der Forschungsbudgets und 50 Prozent der zu erwartenden Einnahmen für Schutzzwecke an das nationale Umweltministerium zurückfließen. Auf diese Weise wurden in den Jahren 1993 bis 2000 insgesamt etwa 2,8 Millionen US-Dollar an verschiedene Institutionen für Naturschutzzwecke bereitgestellt, wobei sich alle erforschten Wirkstoffe erst noch im Zulassungsverfahren befanden. Trotz zunächst beeindruckender Zahlen bleibt das Beispiel von INBio jedoch nicht ohne Kritik: Bioprospektion müsse ganz anders organisiert werden, wenn sie der Allgemeinheit zugute kommen solle. Vertreter der ländlichen Gemeinden und der indigenen Bevölkerung müssten besser einbezogen und deren Traditionen respektiert werden. Außerdem, so die Kritiker, müsse ein Institut für Bioprospecting öffentlich und nicht privat organisiert sein, um maximale Transparenz zu ermöglichen. Wenngleich es also positive Ansätze bei diesem Beispiel gibt: Eine optimale Lösung scheint noch nicht gefunden.

Grundsätzlich kann der Benefit für das Ursprungsland in geldwerten und nichtmonetären Leistungen bestehen. Geldwerte Leistungen sind beispielsweise Gebühren für bestimmte Suchzeiträume oder für eine bestimmte Menge von Grundstoffen, Lizenzgebühren, die prozentuale Beteiligung an Umsätzen bzw. Verkäufen, ein vereinbarter Prozentsatz vom Forschungsbudget, Verpflichtungen zur Lieferung des fertigen Produkts, die Entwicklung alternativer Einkommensmöglichkeiten oder eine Prämie für die Erreichung vereinbarter Zwischenziele. Nichtmonetäre Leistungen sind die Anerkennung in Publikationen, die Erhöhung des wissenschaftlichen Potenzials durch gemeinsame Forschungen, Beteiligung an Planung und Entscheidungsfindung, Mitbestimmung bzw. Kontrollmöglichkeiten bzgl. der Forschungsergebnisse, Mitbesitz, freier Zugang zur Technologie oder Schutz der lokalen Anwendungen des Produkts, Technologietransfer sowie Aus- und Weiterbildung und der Aufbau von Kompetenzen in der Bevölkerung in verschiedenen Bereichen.

In einer gemeinsamen Initiative von WWF, TRAFFIC, der IUCN-Heilpflanzenspezialistengruppe und dem Bundesamt für Naturschutz wurde ein internationaler Standard für die nachhaltige Wildsammlung von Heil- und Aromapflanzen (International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants, ISSC-MAP) entwickelt. Er bietet klare Prinzipien und Kriterien, anhand deren Industrie, Ressourcen-Ma-

nager, Sammler und andere Akteure die natürlichen Bestände einschätzen und die Nachhaltigkeit angewandter Sammelmethode kontrollieren können. Seit Ende 2007 wird der Standard weltweit getestet.

## WIRKSTOFFE AUS DEM MEER

Als besonders zukunftsfruchtig und profitabel wird die marine Pharmakologie angesehen. Vor etwa 30 Jahren begann das gezielte Screening nach neuartigen Leitstrukturen aus dem Meer, und Tausende neue biochemische Stoffe wurden in marinen Organismen entdeckt, in Schwämmen, Weichkorallen, Mollusken, Bakterien und Algen. Nur ein kleiner Teil davon wurde bisher erforscht. Waren vor 20 Jahren weniger als zehn neuartige Substanzen bekannt, konnten bis zum Jahr 2001 bereits mehr als 12000 neue Metabolite entdeckt werden. Allein in den Jahren 2003 und 2004 ergab eine Recherche der pharmakologischen Literatur (Marine Pharmacology Review) 166 verschiedene Wirkstoffe im Erprobungsstadium, davon 67 mit erwiesenermaßen antibakteriellen, blutgerinnungshemmenden, antimykotischen, Anti-Malaria-, Anti-Tuberkulose-, antiviralen und weiteren medizinisch wertvollen Eigenschaften. 45 Wirkstoffe weisen signifikante Effekte auf das Herz-Kreislauf-System, das Immunsystem und das Nervensystem auf, weitere 54 Stoffe wirken auf einer ganzen Bandbreite von molekularen Zielen und können möglicherweise in verschiedenen pharmakologischen Bereichen eingesetzt werden. Es haben jedoch bisher nur wenige marine Naturstoffe die Marktreife erlangt.

Die Fülle der Wirkstoffe ist ein genereller Reichtum. Welcher von diesen den Durchbruch bei der Behandlung bestimmter bisher schwer heilbarer Krankheiten wie Krebs, Leukämie und Aids schafft, ist nicht bekannt. Sollte ein solcher Wirkstoff aber gefunden werden, so steigt der Wert dieses einen natürlichen Rohstoffs in ungeahnte Höhen.

Woher kommt dieser besondere Reichtum an Wirkstoffen bei marinen Lebewesen? Viele Arten sind an einen Ort gebunden und haben keine oder nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten zur Flucht oder zum aktiven Widerstand gegen natürliche Feinde. Deswegen verfügen sie über ein eindrucksvolles Repertoire an chemischen Waffen. Diese schützen vor Fressfeinden, vor dem Überwachsenwerden durch konkurrierende Nachbarn oder vor übermäßiger Sonneneinstrahlung. Die meisten neu entdeckten Wirkstoffe gegen Krebs wurden bei den weichen, verletzlichen Arten der Unterwasserwelt gefunden. Welchen Stellenwert die marine Biotechnologie in der zukünftigen Pharmaforschung hat, kann daran ermessen werden, dass neue Wirkstoffe derzeit exklusiv marinen Ursprungs sind. Im

Gegensatz zur Naturheilkunde auf pflanzlicher Grundlage gibt es über die Wirkstoffe aus dem Meer nur sehr wenig ethnomedizinische Informationen, was eine gezielte Suche erschwert.

Da sich die Erforschung der meisten Wirkstoffe noch in diesem Anfangsprozess befindet, sind nur wenige wirtschaftliche Zahlen und Fakten erhältlich. Auf den Markt gebracht wurden bisher:

- Vidarabine® (ARA-A) und Cytarabine® (ARA-C), die ersten entdeckten Wirkstoffe aus dem Meeresschwamm *Tethya crypta*, die einen jährlichen Marktwert von 50 Millionen US-Dollar haben und heute einen Grundbestandteil der modernen Leukämiebehandlung darstellen.
- AZT (Zidovudine) wird unter dem Handelsnamen Retrovir® vermarktet und war der erste Wirkstoff, der für die Behandlung der HIV-Infektion zugelassen wurde.
- Pseudodopterosin, ein entzündungshemmender Wirkstoff einer Hornkoralle (Gorgonie), hat einen Marktwert von drei bis vier Millionen US-Dollar im Jahr.
- Prialt®, die synthetische Form eines Kegelschneckenextrakts, hat mittlerweile die Marktreife erlangt und wurde für die Behandlung chronischer Schmerzen zugelassen.
- Ein entzündungshemmender und schmerzlindernder Wirkstoff von einer Weichkoralle findet in Kosmetik und Hautpflegemitteln von Estée Lauder Verwendung und hat gegenwärtig einen Marktwert von drei bis vier Millionen US-Dollar im Jahr.
- Ebenfalls dicht vor der kommerziellen Nutzbarkeit ist Yondelis®, ein Wirkstoff gegen Weichgewebe-Sarkome und Gebärmutterkrebs, der aus einer Seescheide isoliert und nun synthetisch produziert wird – er steht kurz vor der Zulassung durch die Europäische Kommission und die U.S. Food & Drug Administration (FDA).
- Kommerziell vermarktet werden auch molekulare Proben, z. B. ein Phosphatase-Hemmer von einem Dinoflagellaten (Geißeltierchen) und ein biolumineszenter Kalzium-Indikator aus einer Qualle.

Die Potenziale der Meere sind schier unermesslich. Von den 33 heute bekannten Tierstämmen leben 32 im marinen Habitat, davon 15 ausschließlich und 17 auch in anderen Lebensräumen. Bisher stammt der weitaus größte Anteil der bekannten Naturstoffe von den 13 Tierstämmen, die im terrestrischen Lebensraum und im Süßwasser leben. Das Meer bedeckt

über 70 Prozent der Erdoberfläche. Dieses gigantische Gebiet ist in viele kleine und kleinste Ökosysteme gegliedert. Untersuchungen einer Forschergruppe im Karibischen Meer zeigten, dass dort 1172 verschiedene Arten anzutreffen sind, davon kommen 253 (22 Prozent) nur im Karibischen Meer vor. Etwa 100 dieser Arten stuften die Forscher als mikroendemisch ein, was bedeutet, dass ihr Lebensraum sehr stark an lokale Bedingungen gebunden ist. Manche Lebensform konnte nur in vereinzelten Lagunen nachgewiesen werden. Entsprechend hoch ist die Vielfalt der bisher gefundenen Wirkstoffe.

Ein eindrucksvolles Beispiel für die Vielfalt der medizinisch nutzbaren Stoffe aus der marinen Natur bilden die Conotoxine der Kegelschnecke. Jede der etwa 500 Kegelschneckenarten hat einen arttypischen Satz von 50 bis 200 individuellen Toxinen, die an verschiedenen Stellen im Nervensystem angreifen können und deshalb in der Therapie von neurologischen Erkrankungen erfolgversprechend sind. Auch marine Schwämme gehören zu den sehr produktiven Quellen natürlicher Wirkstoffe. Viele dieser Stoffe sind biologisch aktiv und schützen Schwämme vor Gefahren aus ihrer Umwelt. Oft sind es Mikroorganismen, die im Rahmen der Nahrungskette aufgenommen werden oder als Symbionten in den Schwämmen leben, die diese Schutzstoffe produzieren. Quallen haben Nesselkapseln entwickelt, aus denen sie bei Berührung winzige Giftpfeile direkt in die Haut schießen können. Dabei erzeugen sie für Sekundenbruchteile einen Druck von bis zu 200 Atmosphären, und die Giftpfeile erreichen Geschwindigkeiten, die dem 40 000-fachen der Erdbeschleunigung entsprechen. Das gehört zu den schnellsten Bewegungen, die überhaupt in der Natur beobachtet werden können. Die Nesselzellen aus gezüchteten Quallen werden „gemolken“, gereinigt und mit Medikamenten neu geladen. Mit ihnen können Wirkstoffe punktgenau platziert werden. Die Entwicklung lokaler Betäubungsmittel auf dieser Basis hat bereits begonnen, Behandlungsmöglichkeiten für Schuppenflechte und Hautkrebs werden erforscht.

Der marine Lebensraum ist nicht nur Lieferant von Arznei-Rohstoffen, seine biologische Vielfalt ist auch eine wichtige Quelle für neue wissenschaftliche Erkenntnisse. So sind für die Erforschung der Bluterkrankheit (Hämophilie) Beobachtungen nützlich, die man an Rundschwanzseekühen machen konnte, deren Blut schlechte Gerinnungseigenschaften hat. Ein besseres Verständnis von Biomimikry an den Oberflächen mariner Lebewesen kann vielleicht zur Entwicklung mikro- und nanostrukturierter Implantate für die Gewebsregeneration beitragen, und das Verständnis des Funktionierens selbstreinigender Oberflächen kann bei der Entwicklung

von Wirkstoffen gegen trockene Augen und Schleimhäute helfen. Manche Substanzen, wie der Klebstoff der Miesmuschel, können sowohl in der Bionik als auch in der Medizin Anwendung finden.

Medizinischer Fortschritt ist ohne die Entwicklung von Wirkstoffen auf der Basis von Naturstoffen kaum vorstellbar. Unzählige Wirkstoffe sind im Laufe der Evolution entstanden, und nur ein kleiner Teil von ihnen wurde bisher entdeckt. Die strukturelle Vielfalt dieser Wirkstoffe geht weit über das hinaus, was durch chemische oder kombinatorische Synthese erreicht werden kann. Und sie bieten einen unschätzbaren Vorteil: Sie sind für ihre Rolle in der Natur bestens erprobt. Sie wurden in einem evolutionären Wechselspiel optimal auf ihr jeweiliges Ökosystem abgestimmt und damit gewissermaßen „biologisch validiert“.

#### Zum Weiterlesen

Chivian E, et al. (2002): *Biodiversity: Its Importance to Human Health*. A Project of the Center for Health and the Global Environment Harvard Medical School under the auspices of the World Health Organization, the United Nations Development Programme, and the United Nations Environment Programme Editor Eric Chivian M. D. Interim Executive Summary. Harvard Medical School, [chge.med.harvard.edu/publications/documents/Biodiversity\\_v2\\_screen.pdf](http://chge.med.harvard.edu/publications/documents/Biodiversity_v2_screen.pdf)

Colfer C J P, Sheil D, Kishi M (2006): *Forests and human health: assessing the evidence*. Center for International Forestry Research, CIFOR Occasional Paper No. 45, Bogor, Indonesia, [http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-45.pdf](http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-45.pdf)

Kreysa G, Grabley S (Hg.): *Vorbild Natur. Stand und Perspektiven der Naturstoff-Forschung in Deutschland*. DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.: Frankfurt/M, [www.naturstoff-forschung.info/Broschüre+\\_Vorbild+Natur\\_.html](http://www.naturstoff-forschung.info/Broschüre+_Vorbild+Natur_.html)

Website des Bundesamtes für Naturschutz, WWF, IUCN und anderen Organisationen zur Wildsammlung von Medizinalpflanzen und zum International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants (ISSC-MAP), <http://www.floraweb.de/map-pro/>

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Heilkraft Natur

Die Natur ist eine Quelle menschlicher Gesundheit. Sie erfüllt diese Funktion nicht nur, indem sie ein schier unerschöpfliches Reservoir an Heilmitteln bereitstellt, sie dient der Gesundheit in einem noch viel größeren Umfang durch ihre therapeutische Wirkung auf Körper und Psyche. Gesundheit wurde schon 1948 von der Weltgesundheitsorganisation WHO sehr umfassend definiert – nicht als Abwesenheit von Krankheiten oder Gebrechen, sondern als ein Status des vollständigen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens. Dazu leistet die Natur einen wesentlichen Beitrag; sie zu erleben entspannt vom Alltagsstress, sich in ihr zu bewegen steigert Fitness und Vitalität, mit ihr im Einklang zu sein, fördert die Ausgeglichenheit.

Es gibt inzwischen eine breite Forschung über den Zusammenhang zwischen Natur und menschlicher Gesundheit. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich in wenigen Sätzen zusammenfassen, sie sind durch zahlreiche Studien empirisch belegt:

- Es hat günstige physiologische Wirkungen, wenn Menschen Tieren, Pflanzen, Landschaften oder Wildnis begegnen, sie beobachten oder in anderer Weise in eine positive Interaktion mit ihnen treten. Es gibt eine ganze Reihe von Forschungsprojekten, die den Zusammenhang zwischen einer intakten natürlichen Umwelt und der Gesundheit und Gesundheitsvorsorge belegen. Entsprechende Programme sind angesichts steigender Kosten im Gesundheitswesen eine gute Investition.
- Die natürliche Umwelt fördert die Belebung nach mentaler Ermüdung, wirkt aufbauend und hilft beim Heilungsprozess. Unter dem Begriff „Friluftsliv“ wurden in Norwegen verschiedene Studien zur Bewegung in der Natur und ihre Bedeutung für verschiedene Bereiche der Gesundheitsförderung (Therapie bei Bewegungsmangelkrankungen, Krebsnachsorge, psychisches Wohlbefinden) durchgeführt. Amerikanische Studien belegen, dass der Blick ins Grüne aus einem Krankenzimmer den Heilungsverlauf fördert und die benötigte Menge der Schmerzmittel nach einer Operation deutlich reduziert.
- Es gibt etablierte Methoden und Therapieformen auf natürlicher Grundlage (garden therapy, healing gardens, care farms, wilderness

therapy, adventure therapy, nature therapy etc.), die erfolgreich für die Heilung von Patienten angewandt werden, die zuvor auf keine andere Behandlung angesprochen haben.

- Wenn sie vor die Wahl gestellt werden, ziehen Menschen eine natürliche Umgebung einer städtischen Umgebung vor. Vor allem Wasser, große alte Bäume, intakte Vegetation und geringe menschliche Einflüsse werden gesucht, und zwar unabhängig von Nationalität und Kultur. Die Mehrheit der Orte, die Menschen als erholsam oder als Lieblingsplätze wählen, sind natürliche Orte und der Aufenthalt an diesen Orten ist erholungsfördernd.
- Menschen haben einen positiveren Blick in die Zukunft und eine höhere Zufriedenheit mit ihrem Leben, wenn sie in der Nähe von Natur leben. Dies gilt insbesondere in städtischen Regionen. Wenn man einer natürlichen Umgebung ausgesetzt ist, erweitert dies die Fähigkeit, mit Stress umzugehen und sich davon zu erholen und auch mit künftigem Stress umgehen zu können.
- Naturbeobachtung kann die Konzentration wiederherstellen und die Produktivität erhöhen. Vor allem auf die kindliche Entwicklung wirkt eine natürliche Umwelt förderlich. Eine vergleichende empirische Untersuchung zu Waldkindergärten zeigt, dass die Kinder bei Motivation, Konzentration und Ausdauer bessere Durchschnittswerte haben und mehr soziale Kompetenz und Konfliktfähigkeit aufweisen.
- Es ist für Menschen wichtig zu wissen, dass sie Natur in der Nähe haben, unabhängig davon, ob sie von der Möglichkeit, sich in dieser aufzuhalten, regelmäßig „Gebrauch machen“. Verschiedene Studien aus den USA, den Niederlanden und Japan zeigen, dass ein hoher Anteil an Grünflächen in der direkten Wohnumgebung eine positive Wirkung auf die Zufriedenheit und Gesundheit der Anwohnerinnen und Anwohner hat. Die Zahlen sind auch dann deutlich, wenn man demographische und soziale Faktoren herausrechnet, die möglicherweise die empirischen Ergebnisse beeinflussen könnten.

Die meisten der hier geschilderten positiven Wirkungen der Natur auf die Gesundheit und die Gesundheitsvorsorge lassen sich nicht einfach in Geldwerte umrechnen. Ob und inwieweit sie beispielsweise die öffentliche Hand im Bereich der Gesundheits- und Sozialausgaben entlasten können, lässt sich nicht beziffern. Es ist in zahlreichen Einzelstudien gelungen, einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Einflüssen der Natur und

einer Verbesserung der Situation einzelner Menschen wie auch sozialer Gruppen zu belegen. Welches Einsparpotenzial sich daraus ergibt oder welche negativen Folgekosten damit vermieden werden konnten, lässt sich allenfalls aufgrund der Plausibilität der Zusammenhänge einschätzen.

## DIE WELLNESS-WELLE

Einfacher ist der volkswirtschaftliche Wert in einem Bereich zu bestimmen, der mehr und mehr Bedeutung gewinnt: der Wellness- und Health-Markt. Dieser boomende Markt kann in Deutschland an eine lange Tradition anknüpfen (Kneipp-Verein, Reformhaus-Bewegung usw.). Über 50 heilklimatische Kurorte tragen in Deutschland ein staatlich anerkanntes Gütesiegel. Waren es zuerst ausschließlich Bäder, Hotels und Kurhäuser, die mit Wellness-Angeboten lockten, so reicht die Produktpalette der Industrie mittlerweile von Wellness-Müslis über Wellness-Tee bis hin zu Wellness-Matratzen oder Wellness-Socken. Entsprechend wächst auch die Zielgruppe stetig: Bereits heute gehen 14 Prozent (8,8 Millionen Personen) der deutschen Bevölkerung regelmäßig Wellness-Aktivitäten nach und bescheren dem Markt einen Umsatz von rund 73 Milliarden Euro pro Jahr. Bis 2010 wird nochmals ein Anstieg auf über 100 Milliarden Euro erwartet. Insgesamt haben die Bundesbürger 2006 knapp 1000 Euro pro Kopf für Wellness ausgegeben. Wellnesshotels erwirtschafteten 2006 trotz höherer Personal- und Betriebskosten ein Plus von sechs Prozent, jeder Gast gab durchschnittlich mehr als 285 Euro für 2,6 Wellness-Tage im Jahr aus. Eine Umfrage der Universität München kommt zu dem Schluss, dass „Natur“ und „Bio“ Schlüsselbegriffe für Wellness-Hotels werden.

Auch die Renaissance der Wanderbewegung gehört zum Wellness-Trend, wobei „Natur und Landschaft genießen“ von 86 Prozent aller Befragten als Hauptgrund für das Wandern genannt wird. Der Markterfolg der Wanderbücher von Manuel Andrack und Hape Kerkeling ist ein Symptom dafür. Immer mehr Regionen versuchen sich mit dem Begriff „Gesundheitsregion“ zu profilieren (z. B. Holsteinische Schweiz, Teutoburger Wald), das Bundesministerium für Bildung und Forschung lobt den Bundeswettbewerb „Gesundheitsregionen der Zukunft“ aus, und das Bundesamt für Naturschutz führt zusammen mit den Naturparks Thüringer Wald, Hohes Venn-Eifel und TERRA.vita ein Projekt zum Thema Gesundheit und Naturschutz durch, bei dem entsprechende Angebote im Mittelpunkt stehen. Die Fachhochschule Osnabrück bietet eine Ausbildung zum Gesundheitswanderführer an, bei der Kombinationen von Wanderungen und gezielten Kräftigungs-, Mobilisations-, Koordinations-

oder Entspannungsübungen erlernt werden. Ziel ist eine Anerkennung der Gesundheitswanderungen im Rahmen der Bonusprogramme der Krankenkassen sowie eine Bezuschussung der Kosten im Rahmen der Gesundheitsprävention.

Wellness-Urlaub und -Tourismus sind ohne intakte Natur nicht denkbar – dazu reicht allein ein Blick auf die Werbung im Tourismus. Aber beide sind nur ein Teil des gesamten Natur- und Wellness-Marktes. Zu ihm gehören auch Naturkosmetik, Functional Food, Diät- und Reformwaren, Bio- und Fairtrade-Konsumgüter, die moderne Zielgruppe der LOHAS (Lifestyle of Health and Sustainability), Wellness für die Aging Society – wir werden überschwemmt mit Schlagwörtern und Marketingstrategien. Und an diesen Strategien hängen wiederum konkrete Produkte: Das südamerikanische Kraut *Sevia rebaudiana* liefert Süßstoff, der kaum Kalorien hat und den Blutzuckerspiegel nicht beeinträchtigt – er wurde in der Schweiz bereits für den Lebensmittelmarkt zugelassen. Mikro-Algen werden als Nahrungsmittelergänzungstoffe und Gesundheitsnahrung genutzt, manche auch in der Kosmetikproduktion und als therapeutische Zusatzstoffe. Der Weltmarkt für Produkte aus Mikroalgen wird auf etwa fünf bis sechs Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt, davon entfällt die Hälfte auf den Health-Food-Sektor. Sie enthalten einwertige Fettsäuren, prä- und probiotische Stoffe, seltene diätetische Saccharide, seltene einwertige Aminosäuren, diätetische Fasern, Enzyme und Vitamine. Insgesamt gibt es Zehntausende Arten von Mikroalgen, von denen bisher nur ein paar hundert im Hinblick auf ihre Verwertbarkeit genauer untersucht wurden.

Auch die Kosmetikindustrie wittert schon lange das große Geschäft mit Naturprodukten und investiert entsprechend hohe Summen in Forschung, Vermarktung und Werbung: Die Beiersdorf AG produziert und vertreibt ein Produkt (Alpha-Flavon von Nivea Visage), das nach eigenen Angaben die menschliche Haut wesentlich langsamer altern lässt. Inspiriert wurden die Forscher dabei von dem japanischen Pagoda-Baum (*Sophora japonica* L.), der seine Blätter mittels Alpha-Flavon – einem natürlichen Flavonoid – vor dem Austrocknen schützt. In Australien ist es nach Aussagen von Peter Isdale, Direktor des Australischen Instituts für Meereswissenschaften, gelungen, die natürlichen Abwehrstoffe von Korallen gegen UV-Strahlung zu kopieren und zu modifizieren und auf diese Weise eine Korallen-Sonnencreme zu schaffen, die farb- und geruchlos sowie wasserfest ist. Der geschätzte Marktwert beträgt mehrere hundert Millionen Dollar. Israelische Forscher haben eine Hautcreme entwickelt, um Schwimmerinnen und Schwimmer vor Hautkontakt mit Quallen zu schützen. Das Meeresbiolo-

genpaar Tami und Amit Lotan hat seine Entdeckung von Clownfischen abgeschaut, die zwischen den Nesselfäden von Seeanemonen leben.

Die Liste der Produkte aus der Kosmetik- und Food-Industrie ließe sich beliebig verlängern. Gegenwärtig gibt es keine Untersuchungen, die einen Überblick über deren Marktwert geben, und man kann auch kaum abschätzen, ob die derzeitigen Steigerungsraten einen dauerhaften Trend beschreiben. Doch wird der Gesundheits- und Wellness-Sektor als einer der Wachstumsmärkte der Zukunft angesehen.

#### Zum Weiterlesen

Abraham A, Sommerhalder K, Bolliger-Salzmann H, Abel T (2007): *Landschaft und Gesundheit. Das Potential einer Verbindung zweier Konzepte*. Bern: ISPM Universität Bern. [http://www.aefu.ch/pdf/Paysage\\_a\\_votre\\_sante\\_Mai07.pdf](http://www.aefu.ch/pdf/Paysage_a_votre_sante_Mai07.pdf)

Maller C, Townsend M, Pryor A, Brown P, St Leger L (2006): *Healthy nature healthy people: 'contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations*. In: Health Promotion International, Vol. 21, No. 1, pp. 45-54, doi:10.1093/heapro/dai032

Hassink J, van Dijk M (eds., 2006): *Farming for Health. Green-Care Farming Across Europe and the United States of America. Series: Wageningen UR Frontis Series, Vol. 13*, <http://www.springerlink.com/content/x8600l/>

Gasser K, Kaufmann-Hayoz R (2005): *Wald und Volksgesundheit – Literatur und Projekte aus der Schweiz. Umwelt-Materialien Nr. 195*. Hg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

Parks Forum (2008): *The Value of Parks*. Inspire, Refresh, Conserve, Protect, Play. Produced by Parks Forum in partnership with IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA) and The People and Parks Foundation. <http://www.parkweb.vic.gov.au/resources/mhphp/Value-of-Parks-pf.pdf>

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).



## HÜTER DER WILDEN TIERE

Vom Problem zum Segen: Namibias Wildtierreichtum kann die Einkommensverhältnisse der Bevölkerung deutlich verbessern.

Namibia ist ein absolutes Tierparadies, und viele Touristen reisen dort hin, um wenigstens einmal im Leben einen der „Big Five“ beobachten zu können: Löwe, Leopard, Büffel, Elefant und Rhinoceros. Die einheimische Bevölkerung betrachtet diese Tiere eher skeptisch: Sie zerstören Brunnen auf der Suche nach Wasser, reißen das Vieh und können auch für Menschen gefährlich werden. Jedes Jahr gibt es einige Todesfälle, die auf das Konto wilder Tiere gehen. Um diese Konflikte abzumildern, wurden kommunale Hege- oder Schutzgebiete eingeführt. Wenn sich die Einwohner zu solchen „Communal Conservancies“ zusammenschließen, dann erhalten sie per Gesetz auch die Verfügungsgewalt über die natürlichen Ressourcen. Damit sollen nicht nur die Eigentumsstruk-

turen aus der Zeit der Apartheid reformiert werden, sondern es soll auch aktiver Naturschutz mit finanziellen Einnahmemöglichkeiten kombiniert werden. Die demokratisch gewählten Gremien entscheiden selbst, wie sie ihren Wildreichtum nutzen, ob sie Touristen zu Safaris anlocken, Abschussquoten an Trophäenjäger vergeben oder die Tiere selbst schießen, um ihr Fleisch zu essen oder zu verkaufen. Dabei merken sie recht schnell, dass lebende Tiere eine lukrative Einkommensquelle sein können.

Als Namibia 1990 die Unabhängigkeit erhielt, war Pascolena „Lena“ Florry noch ein Teenager, der die Ziegenherde der Eltern in der trockenen Steppe im Damaraland hüten musste. Im Zuge des Conservancy-Programms wurde sie die erste schwarze Frau, die eine Lodge für Touristen

leitete. Nördlich der Brandberge und dicht bei der Skelettküste liegt das luxuriös eingerichtete Damaraland-Camp und zeugt vom Bewusstseinswandel in der Bevölkerung:

„Die Touristen kamen zu uns, um die Wüstenelefanten, das Spitzmaulnashorn und die wilde Landschaft zu sehen, und sie wollten auch sehen, wie unsere Leute hier leben. Da hörten wir auf, die Tiere zu schießen, denn wir begriffen, was die Besucher uns bringen können.“

Mit den Einnahmen werden Verluste bei den Herden ersetzt, Investitionen in Schulen getätigt, und manche Familie kann damit ihr Schulgeld zahlen. „Damaraland beschäftigt von jeder der 20 Familien, die hier leben, mindestens eine Person. Jeder profitiert von der Lodge, und alle sind sehr positiv eingestellt“, sagt Lena.

Die „Torra Conservancy“ ist eines der Vorzeigeprojekte Namibias. Das ganze Programm steckt noch in den Kinderschuhen, und es gibt daher noch eine ganze Reihe von Defiziten aufzuarbeiten. Aber das Programm ist auf einem guten Weg und zeigt ein Beispiel, wie man Naturschutz und Ökonomie miteinander versöhnen und insbesondere die Einkommensverhältnisse der bedürftigen Landbewohner verbessern kann.

In Namibia gibt es insgesamt 31 registrierte Conservancies, die sich auf Naturtourismus und die Trophäenjagd spezialisiert haben, weitere 40 sind in Planung. Insider erwarten, dass über kurz oder lang mindestens jeder zehnte Einwohner Namibias Teil der Conservancy-Bewegung sein wird.

# Natur bringt den Tourismus auf Touren

Reisen und Erholung sind ein riesiger Markt, an dem fast die gesamte Bevölkerung partizipiert und der den individuellen Lebensstilen entsprechend viele verschiedene Bedürfnisse befriedigt. Sie reichen von der stillen Erholung in Wald und Wiese über den Genuss von einzigartigen Landschaften und das Erleben von Wildnis und Wasser bis hin zur sportlichen Betätigung in freier Natur. Im Tourismus wird die wirtschaftliche Notwendigkeit des Erhalts der Natur besonders deutlich sichtbar, denn er bringt einen direkten wirtschaftlichen Nutzen. Das Einkommen privater Unternehmen im Tourismus und in den damit verbundenen Erwerbszweigen hängt vielfach von einer intakten Natur ab. Ein Tourismus, der die Belange der Umwelt missachtet, gräbt sich selbst das Wasser ab.

Der Tourismus zählt weltweit zu den am stärksten wachsenden Wirtschaftszweigen. 219 Millionen Jobs, das sind etwa acht Prozent aller Arbeitsplätze sowie ein Drittel aller Dienstleistungen, hängen von ihm ab. Nach Schätzungen des World Travel and Tourism Council trägt er 9,4 Prozent zum weltweiten Bruttosozialprodukt bei und ist mit 530 Milliarden Euro die bedeutendste Steuereinnahmequelle. Derzeit reisen jährlich weltweit 903 Millionen Menschen über Ländergrenzen hinweg, 2010 werden es voraussichtlich schon eine Milliarde sein.

Ökotourismus (oder nachhaltiger Tourismus) liegt international im Trend. Er hat bereits jetzt einen Anteil von 20 Prozent am gesamten Reisemarkt. Für die neunziger Jahre wurde das jährliche Wachstum bei der Nachfrage nach Angeboten des Ökotourismus weltweit auf 20 bis 34 Prozent geschätzt.

Das britische Tourism Network bewertete 2005 den Ökotourismus als einen der am schnellsten wachsenden Wirtschaftssektoren mit einer jährlichen Wachstumsrate von fünf Prozent und einem Anteil von etwa sechs Prozent am weltweiten Bruttosozialprodukt sowie von 11,4 Prozent an allen Konsumausgaben. Eine Studie zur Zielgruppe der LOHAS (Lifestyles of Health and Sustainability) schätzte ebenfalls den Markt für Ökotourismus auf 77 Milliarden US-Dollar in den USA und 540 Milliarden US-Dollar weltweit.

In Deutschland hat die Tourismusbranche insgesamt 2,8 Millionen Beschäftigte. Natururlaub steht bei den Bundesbürgern unter den in den

nächsten Jahren geplanten Urlaubsformen an zweiter Stelle nach dem All-Inclusive-Urlaub. 93 Prozent der Bundesbürger halten es für wichtig, dass es in Deutschland Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparks gibt, eine intakte Umwelt ist für 84 Prozent sehr wichtig für die eigene Urlaubszufriedenheit, und 74 Prozent der Befragten geben an, sich durch Urlaubsorte mit verbauter Landschaft abgeschreckt zu fühlen. 62 Prozent würden ihren Urlaub bevorzugt dort verbringen, wo man sich zum Schutz der Natur für die Einrichtung von Schutzgebieten entschieden hat.

Die Gruppe der Natur- und Outdoor-Urlauber macht 14 Prozent des Reisemarkts aus. Nach Berechnungen von Hubert Job, Professor für Geographie und Regionalforschung an der Universität Würzburg, werden allein die gegenwärtig 14 Nationalparks in Deutschland pro Jahr von rund 50 Millionen Menschen besucht, dabei wird ein Umsatz von rund 2,1 Milliarden Euro erwirtschaftet. Betrachtet man nur die 10,5 Millionen Besucher, die ausdrücklich wegen des Nationalparks in eine Region kommen, dann belaufen sich die Bruttoumsätze immer noch auf fast eine halbe Milliarde Euro, von denen rund 14 000 Arbeitsplätze abhängen. Diese Zahlen sind das Ergebnis einer Hochrechnung, in die detaillierte Untersuchungen aus sieben deutschen Nationalparks eingeflossen sind.

## TOURISMUS IN DEUTSCHEN GROSSSCHUTZGEBIETEN

Großschutzgebiete sind ein wichtiges touristisches Ziel. Darunter werden Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparks zusammengefasst. Diese Gebiete dienen zum einen dem Schutz der Natur und der Landschaft, zum anderen aber auch der Erholung, dem Tourismus und der Bildung. Sie wollen „Vorbildlandschaft“ für eine umwelt- und ressourcenschonende, nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung sein. Je nach Großschutzgebiet werden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, die die besonderen ökologischen und ästhetischen Qualitäten der Natur- und Kulturlandschaft zu erhalten suchen. Die drei Typen von Großschutzgebieten weisen dabei in wesentlichen Dimensionen Unterschiede auf:

- Bei Nationalparks (NLP) steht die Natur im Mittelpunkt. Umfangreiche Ressourcen verbrauchende Aktivitäten oder Landnutzungsformen sind nicht möglich. Tourismus und Erholung sind ein wichtiges Anliegen. Aber nur soweit damit keine (unvertretbaren) negativen Auswirkungen auf die Natur verbunden sind. Die 14 deutschen Nationalparks sind wesentliche Großlandschaften mit europäischer, bei Wattenmeer und Buchenwäldern sogar weltweiter Bedeutung.

tung. Sie nehmen insgesamt etwa zwei Prozent der Gesamtfläche Deutschlands ein, davon entfallen rund 80 Prozent auf Wasser- und Wattflächen an Nord- und Ostsee.

- Biosphärenreservate (BR) sind international bedeutsame Natur- und Kulturlandschaften, die sich aufgrund neuer, am Prinzip der Nachhaltigkeit ausgerichteter Bewirtschaftungsweisen zu Modellregionen mit Vorbildcharakter entwickeln sollen. Insofern bietet sich in Biosphärenreservaten die Möglichkeit, auf großer Fläche neue Wege in der Landbewirtschaftung zu gehen. Touristische Angebote sind im Rahmen von Modellprojekten speziell in Entwicklungszonen möglich und erwünscht. In Deutschland gibt es mittlerweile 16 von der UNESCO anerkannte Biosphärenreservate.
- Bei Naturparks (NRP) steht der Mensch im Mittelpunkt. Die derzeit 97 NRP, die einen Anteil von ca. 25 Prozent an der Gesamtfläche Deutschlands haben, sind für die Erholung geeignete, regional bedeutsame Kulturlandschaften, deren Erhalt häufig großflächig mit lenkenden Eingriffen und Nutzungen verbunden ist. NRP sind offen für nachhaltigen Tourismus in zahlreichen Varianten. Durch nachhaltige Landnutzungsformen besteht die Möglichkeit, spezifische regionaltypische Produkte zu entwickeln und zu vermarkten.

Der Tourismus spielt in allen Großschutzgebieten bereits heute eine beachtliche Rolle, insgesamt besuchten 2003 rund 290 Millionen Menschen die Naturparks, Nationalparks und Biosphärenreservate in Deutschland. Die Spanne der Tagesausgaben von Übernachtungsgästen liegt zwischen 25 Euro im Biosphärenreservat Rhön über 41 Euro in den brandenburgischen Großschutzgebieten bis zu 58 Euro im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Dazu kommen die Ausgaben von Tagestouristen. Von den Einnahmen im Tourismus profitieren nicht allein touristische Betriebe in der Region. Touristische Unternehmen beziehen Vorleistungen aus der Region und investieren in der Region, Angestellte im Tourismus bekommen Löhne und Gehälter, von denen sie wiederum Ausgaben tätigen und so weiter – so erhöht sich die touristische Wertschöpfung der Region, und damit steigen auch die steuerlichen Einnahmen der Kommunen aufgrund ihres Anteils an der Gewerbe- und der Grundsteuer.

Neben den Besucherausgaben tragen auch die Investitionen in die Großschutzgebiete zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung bei. Allein der Nationalpark Bayerischer Wald vergibt für Bau und Unterhalt seiner Infrastruktur, wie z. B. Besucherzentren und Aussichtstürme, Auf-

träge in Höhe von rund einer Million Euro pro Jahr an die regionale Wirtschaft. Im Biosphärenreservat Elbtalau wurden in acht Jahren 7,2 Millionen Euro in zwei Informationszentren, Lehrpfade, Informationstafeln, Rad- und Wanderwege und in den Flächenankauf investiert.

Für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer wurden in die Ertragsrechnung nicht nur die Einnahmen aus dem Nationalpark, sondern auch die aus Landwirtschaft und Fischerei einbezogen und den Ausgaben gegenübergestellt. Trotz aller zum Schutz der Natur notwendigen Auflagen ist das Verhältnis von Aufwendungen und Ertrag immer noch 1:1,7.

Im Jahr 2007 haben die Wattführer bei 6200 Touren insgesamt 125 000 Menschen über den Meeresboden geführt, davon ca. 60 Prozent Kinder. Die Investition in das Erlebniszentrum Multimar Wattforum im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer hat sich gelohnt. Es zog schon nach einem halben Jahr 100 000 Besucher an, in zehn Jahren informierten sich über 1,9 Millionen Besucher über Watt, Wale und Weltmeere. Weitere Besuchermagneten waren die Seehundstation in Friedrichskoog mit jährlich 143 000 Besuchern, die InfoBox Erlebniszentrum Naturgewalten in List mit 172 000 Gästen und das Nationalpark-Haus in Husum mit 55 100 Gästen.

Doch nicht nur am Meer, sondern auch in den Mittelgebirgen und den Alpen lassen sich solche Erfolgsgeschichten schreiben. Im Osttiroler Teil des Nationalparks Hohe Tauern wurde an vier Tagen der Sommersaison 2003 eine Vollerhebung der Besucher durchgeführt. Für die Hälfte der auswärtigen Besucherinnen und Besucher war der Nationalpark ein wichtiges Kriterium für die Urlaubswahl, ca. 16 Prozent wären ohne den Nationalpark nicht in die Region gekommen. Für die Berechnung der Wertschöpfung wurden nur die 16 Prozent Besucher einbezogen, für die der Nationalpark den entscheidenden Angebotsfaktor darstellte. Es ergab sich insgesamt eine direkte regionale Bruttowertschöpfung von etwa 2,65 Millionen Euro, wovon ca. 980 000 Euro auf Ausgaben im Nationalparkgebiet, darunter etwa 70 Prozent Gastronomie, und 1,67 Millionen Euro auf Ausgaben für Übernachtung und Verpflegung rund um das Nationalparkgebiet entfallen.

Als Summe aus direkter, indirekter und induzierter Wertschöpfung, d. h. einschließlich der Zulieferer und der privaten Konsumausgaben, die aus Löhnen und Gehältern im Tourismusbereich herrühren, ergibt sich allein für den Nationalpark Hohe Tauern-Osttirol eine Wertschöpfung in Höhe von etwa 4,88 Millionen Euro.

Und dies scheint noch nicht alles zu sein: Die Wertschöpfung der Großschutzgebiete lässt sich durch bessere Vermarktung noch steigern. Eine

empirische Erhebung bei 100 Reisebüros in vier deutschen Großstädten hat ergeben, dass 80 Prozent der Reiseberater auf den Wunsch nach einem Reiseziel mit hohem Naturwert eine Auslandsreise anboten. Auf Nachfrage nach einem Vergleichsangebot innerhalb Deutschlands lagen die Schwerpunkte der Angebote im Schwarzwald, an der Mecklenburgischen Seenplatte und im Bayerischen Wald.

Das bedeutet, dass die für Großschutzgebiete erarbeiteten Vermarktungskonzepte bei den Reisebüros noch viel zu wenig bekannt sind. Um ihre Außendarstellung zu vereinheitlichen und ihren Bekanntheitsgrad zu erhöhen, präsentieren sie sich seit November 2005 unter der Dachmarke Nationale Naturlandschaften. Sie folgen damit dem Beispiel der USA (National Park Service) und Großbritanniens (National Trust).

### TOURISMUS IN INTERNATIONALEN GROSSSCHUTZGEBIETEN

International lassen sich die gleichen Vorteile des naturnahen Tourismus feststellen. In Australien ziehen die Nationalparks und Meeresschutzgebiete jährlich etwa 80 Millionen Menschen an. Fast jeder zweite internationale Tourist in Australien besucht sie. In drei genauer untersuchten Nationalparks sind knapp zehn Prozent aller regionalen Arbeitsplätze direkt vom Tourismus abhängig und pro Dollar, den der Staat in die Nationalparks investiert, können bis zu 21 Dollar erwirtschaftet werden. Das bekannteste Schutzgebiet, das Great Barrier Reef mit jährlich an die zwei Millionen Touristen und zusätzlich 4,9 Millionen Erholung suchenden Kurzzeitbesuchern generiert sogar 54 000 Vollzeitstellen und trägt mit 5,1 Milliarden Dollar zur australischen Ökonomie bei.

Reiseziele mit einem Angebot für Taucher, Schnorchler und andere Wasserliebhaber gehören zu den absoluten Gewinnbringern des Tourismus. Eine Meta-Analyse von 52 Bewertungs-Studien zu Tourismus-Aktivitäten an Korallenriffen ergab einen Durchschnittswert bei den Besucherausgaben in Höhe von 124 Euro pro Besuch. Der jährliche Nettoertrag des Tauchens in der Karibik liegt bei über zwei Milliarden US-Dollar, davon werden 625 Millionen US-Dollar direkt für die Tauchtouren bezahlt. An den natürlichen und künstlichen Riffs im Südosten Floridas (Counties Palm Beach, Broward, Miami-Dade und Monroe) wurden in den Jahren 2000 und 2001 etwa 28 Millionen Urlaubstage beim Tauchen, Fischen und bei der Naturbeobachtung verbracht. Dadurch wurden etwa 4,4 Milliarden US-Dollar an lokalen Erträgen sowie knapp vier Milliarden US-Dollar an lokalem Einkommen erwirtschaftet und etwa 70 000 Voll- und Teilzeitstellen gesichert. Ähnliche Beispiele gibt es auch am Mittelmeer. In Korsika wird mit

jährlich 76 000 Tauchern ein Umsatz von 6,5 Millionen US-Dollar erzielt, in Medas (Spanien) mit 53 000 Tauchern 5,2 Millionen US-Dollar. Dabei liegen die Tagesausgaben pro Taucher zwischen 85,5 und 98,1 US-Dollar.

Dass sich der Schutz der Natur mehr rechnet als ihre Ausbeutung, belegt das mit neun Fallstudien gut recherchierte Beispiel der Wertschöpfung bei der Beobachtung von Meeresschildkröten durch Touristen. Die Bruttoeinnahmen für Unterkunft, Verpflegung, Transport, Souvenirs usw. belaufen sich auf zwischen 41 000 und 6 700 000 US-Dollar pro Jahr, hingegen beträgt die Wertschöpfung aus dem Handel mit Schildpatt, Leder, Schildkrötenfleisch und -eiern lediglich etwa 160 bis 1 700 US-Dollar pro Jahr. Ähnlich sehen die Vergleichsrechnungen für das Beobachten von Seevögeln oder das Whale-Watching aus.

Besonders wichtig kann der Naturtourismus für die armen Länder der Erde werden. Tourismus ist für 83 Prozent der Entwicklungsländer (developing countries) eine wichtige Quelle, um Geld aus dem Ausland zu generieren. Für die 40 ärmsten Länder ist der Tourismus die zweitwichtigste Einkommensquelle nach dem Erdöl. Im letzten Jahrzehnt war der Tourismus der einzige große Wirtschaftssektor im internationalen Handel, in dem die Entwicklungsländer konstant einen Überschuss erzielten. Vom naturnahen Tourismus profitiert die lokale Bevölkerung am meisten. 80 Prozent der Umsätze von Pauschaltouristen gehen an Fluggesellschaften, Hotelketten und andere internationale Unternehmen, während die Mieter von „Eco-Lodges“ bis zu 95 Prozent ihres Umsatzes in die lokale Ökonomie fließen lassen. Wenn es gelingt, diese Art von Tourismus auszuweiten, wird die intakte Natur zum Hoffnungsträger für ganze Regionen.

### IM SPANNUNGSFELD VON ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE

Trotz unbestrittener ökonomischer Potenziale sind die Ausweisung und das Management von (Groß-)Schutzgebieten, ob sie sich nun in Deutschland oder in Afrika befinden, häufig mit Akzeptanzproblemen und teilweise erheblichen Konflikten um Nutzungsinteressen verbunden. Ökologische Schutzmaßnahmen stehen in einem latenten Spannungsverhältnis zu touristischen Entwicklungszielen, und soziale Spannungen können sich da ergeben, wo mit der Verwirklichung des Schutzes Nutzungsbeschränkungen für die einheimische Bevölkerung einhergehen. Dies kann auch zu ökonomischen Nachteilen für Teile der Bevölkerung und der dortigen Wirtschaft führen.

Dieser Interessengegensatz kann nicht aufgehoben, aber er kann durch verschiedene Maßnahmen sinnvoll gesteuert werden. Besucherströme

können in einer Weise gelenkt werden, die gleichermaßen ökologisch erwünscht und ökonomisch interessant ist. Über einen exklusiven, teureren Zugang zu besonders sensiblen Bereichen, die dem Touristen ein hochwertiges Erlebnis bieten, kann eine Begrenzung des Besucherkontingents herbeigeführt werden. Eine solche Angebotsverknappung führt zu einer Erhöhung der Wertschöpfung.

Eine Studie, die vom Deutschen Tourismusverband in Auftrag gegeben wurde, besagt, dass durch konsequente Maßnahmen der Besucherlenkung die Attraktivität des Reiseziels gesteigert werden kann, ohne dass dabei der Eindruck entsteht, die Besucher würden aus bestimmten Bereichen eines Nationalparks gezielt ausgegrenzt. Bei einer Besucherbefragung in deutschen Schutzgebieten zeigten sich 83 Prozent der Befragten bereit, zur Finanzierung über Kurtaxen oder Eintrittsgelder beizutragen. Doch während wir in Deutschland im Schutzgebietsmanagement erfolgreich sind, stecken bei uns differenzierte Finanzierungsansätze noch in den Kinderschuhen. Andere Regionen sind da schon weiter. Folgende Beispiele für verschiedene Formen touristischer In-Wert-Setzung von besonders schutzbedürftigen Ökosystemen sind:

- **Eintrittspreise:**

Der Tubbataha Reef National Marine Park (Philippinen) erhebt Eintrittsgeld (genannt conservation tax) in Höhe von 50 US-Dollar für Ausländer und 25 US-Dollar für einheimische Besucher. In den Nationalparks Costa Ricas sind die Preisunterschiede noch viel deutlicher.

- **Nutzungsgebühren:**

Im Bunaken Marine National Park in Nord-Sulawesi, Indonesien, werden als Nutzungsgebühr sechs US-Dollar für ein Tagesticket bzw. 17 US-Dollar für ein Jahresticket erhoben, um die Park Facilities nutzen zu können. Dieses System erwirtschaftete in den Jahren 2001 bis 2003 insgesamt 250 000 US-Dollar für Schutzprogramme. Es gibt punktuelle Kontrollen von Parkrängern zu Land und zu Wasser, das Management wurde vom Bunaken National Park Management Advisory Board übernommen, in dem Betreiber von Tauchbooten, Umweltgruppen, Wissenschaftler, Regierungsvertreter und Delegierte der lokalen Parkbevölkerung vertreten sind. 2003 gewann Bunaken den von WTTC und British Airways verliehenen Tourism for Tomorrow Award. Gebühren für das Tauchen und Schnorcheln werden auch auf den Niederländischen Antillen im Curaçao Meeres-Nationalpark erhoben, im St. Eustatius Marine Park auf den Philippinen wie auch

von St. Lucia's Soufrière Marine Management. Die Gebühren variieren von einem bis sechs US-Dollar pro Tag und zehn bis 20 US-Dollar pro Jahr. Teilweise werden auch Yacht-, Anker- und Landeplätze mit Gebühren belegt. Der Saba Marine Park erwirtschaftet inzwischen 70 Prozent seiner Einkünfte mit diesen Gebühren. Im Jahr 2001 erwirtschaftete der Bonaire Marine Park bei rund 345 000 Besuchern an 86 Tauchplätzen etwa 280 000 Dollar und konnte damit 80 bis 90 Prozent der Park-Management-Kosten decken. Eine Befragung in diesem Park ergab, dass Besucher bis zu 20 US-Dollar pro Tag zahlen würden, was die jährlichen Einnahmen verdoppeln würde. Gerade einmal sechs Prozent der Besucher würden durch diese Maßnahme abgeschreckt.

- **Konzessionen:**

Die British Virgin Islands verkaufen für über 200 Ankerplätze Erlaubnisbescheinigungen, sie sind die einzige Möglichkeit, im Schutzgebiet zu ankern. Lokale Bootsbesitzer bezahlen jährlich 25 US-Dollar, nichtkommerzielle auswärtige Boote 50 US-Dollar, auswärtige Charterboote 375 US-Dollar pro Jahr.

- **Eigene kommerzielle Aktivitäten:**

Ebenfalls der Saba Marine Park (Netherlands Antilles) verkauft eine ganze Reihe von Kleidungsstücken und Accessoires mit seinem Markenzeichen und deckt damit etwa 18 Prozent seines Budgets. Der Nelson's Dockland National Park (Antigua) entwickelte ein Leasing- und Leihmodell für Yachten und betreibt Souvenirshops.

- **Steuern:**

In Belize wird eine zusätzliche Steuer in Höhe von 3,75 US-Dollar für jeden auswärtigen Touristen erhoben, der mit dem Flugzeug oder Kreuzfahrtschiff ankommt. Dieses Geld fließt direkt in den Protected Area Conservation Trust, was diesem 750 000 US-Dollar pro Jahr bringt. Von den zehn US-Dollar Airport Tax auf den Cook Islands gehen zwei US-Dollar an einen Environmental Protection Fund. Im Jahr 1998 entschieden sich sechs kleine Länder der Ostkaribik, eine Umweltsteuer von 1,50 US-Dollar pro Besucher zu erheben. Und St. Kitts and Nevis erhebt eine zusätzliche Airport Departure Tax von 15 US-Dollar.

- **Freiwillige Zahlungen, Spenden:**

Auch hier ist der Saba Marine Park Vorreiter mit seinem Friends of Saba Conservation Foundation Modell. Besucher werden ermutigt, sich registrieren zu lassen, zu spenden, und sie erhalten einen regelmäßigen Newsletter über den Park. Die Stiftung ist in Texas, USA, regis-

triert, so können US-amerikanische Besucher steuerbefreite Zuwendungen machen. Die Raten reichen von 25 US-Dollar (Friend) bis 5000 US-Dollar (Patron) im Jahr.

Die meisten dieser Beispiele sind Meeresschutzgebiete, die aus verschiedenen Gründen Vorreiter bei der In-Wert-Setzung des Tourismus und der gleichzeitigen Besucherlenkung sind. Sie haben attraktive Angebote im Hochpreis-Bereich (Tauchen, Schnorcheln, Yacht-Ankerplätze), und sie sind im Vergleich leichter zu überwachen als Gebiete an Land.

Der Wert einer intakten Natur für den Tourismus lässt sich nicht nur an den Gewinnen ablesen, die mit ihr gemacht werden können. Ein ebenso verlässlicher Parameter sind die Verluste, die durch Einnahmeausfälle und Kosten für die Wiederherstellung von Natur entstehen, wenn ein Ökosystem gestört ist. Ein Beispiel dafür ist die zunehmende Algenblüte. Führten in den USA Algenblüten in den Jahren 1987 bis 1992 noch zu Verlusten von durchschnittlich 7 Millionen US-Dollar pro Jahr, so summieren sie sich allein auf Hawaii inzwischen auf 20 Millionen US-Dollar pro Jahr. Eine untypisch lang andauernde Algenblüte in Florida führte 2005 zu einem errechneten Schaden von 240 Millionen US-Dollar allein in der Tampa-Bay-Region.

Sind bei einer Algenblüte die Ursachen der Störung des Ökosystems noch unbekannt, so existieren daneben eine Reihe von Schädigungen, für die menschliches (Fehl-)Verhalten direkt verantwortlich ist. Zu den gravierenden Beispielen dieser Kategorie zählen Tankerunglücke. Die Havarie des Tankers *Prestige* 2002 vor Galizien in Spanien führte zu der bisher größten Umweltkatastrophe der Seefahrt an europäischen Küsten. In der Folge sanken die Umsätze im Tourismus von einem Jahr auf das andere um knapp 134 Millionen Euro.

## DER WERT DES WANDERNES

Es gibt noch eine ganze Reihe weiterer Formen des Tourismus, bei denen die Natur als Umfeld, Kulisse und Betätigungsfeld eine wichtige Rolle spielt, auch wenn hier der wirtschaftliche Wert nicht immer sofort auf der Hand liegt wie bei der Naturbeobachtung in Schutzgebieten. Es sind dies verschiedene Spielarten des umwelt- und naturverträglichen Tourismus und der Natursport. Diese Formen der Freizeitgestaltung lassen sich ohne Natur im weitesten Sinne kaum und ohne eine qualitativ hochwertige Naturlandschaft nur mit großen Einbußen ausüben.

Fahrradtourismus liegt voll im Trend. 5,6 Millionen Deutsche unternahmen 2008 eine Urlaubsreise mit dem Fahrrad. Fahrradtouristen setzen

bei der Übernachtung auf Qualität und geben meist 20 Prozent mehr aus als der Durchschnittsurlauber. Kein Wunder, dass die Zahl der fahrradfreundlichen Übernachtungsbetriebe „Bett & Bike“ in Deutschland in zehn Jahren von 216 auf über 4800 Betriebe in 3249 Orten anstieg. Allein an der Elbe waren es im Jahr 2008 145 000 Radreisende, die 83,5 Millionen Euro ausgaben.

Wandern ist mit zwölf Milliarden Euro Gesamtausgaben ebenfalls ein großer Wirtschaftsfaktor in Deutschland. Vier Milliarden Euro werden jährlich für die entsprechende Bekleidung und Ausrüstung ausgegeben, fünf Milliarden Euro Umsatz machen Gastronomie und Hotellerie. Zehn Millionen Deutsche wandern häufig, sie haben ein durchschnittliches Wanderspensum von ca. 350 Kilometern pro Jahr, und 20 Millionen Deutsche wandern gelegentlich. Zwar stagniert laut der neuesten Allensbacher Marktanalyse die Quote der Wanderaktiven auf hohem Niveau bei etwa 57 Prozent, dafür nimmt aber die Intensität des Wanderns weiter zu. Der jüngsten Profilstudie Wandern zufolge sind 55 Prozent der Wanderer von Frühjahr bis Herbst mehrmals monatlich unterwegs, 2004 waren es nur 41 Prozent. Hauptmotiv des Wanderns ist mit 88 Prozent Zustimmung der Wunsch, Natur und Landschaft zu genießen.

Welches Maß an Wertschöpfung in diesem Tourismusbranche erzielt werden kann, mag eine Studie verdeutlichen, die vom Tourismus-Beratungsunternehmen dwif München über den Wanderweg Rothaarsteig erstellt wurde. Im Jahr 2005 erbrachten ca. 1 200 000 Tagesgäste und ca. 300 000 Übernachtungsgäste einen Bruttoumsatz von ca. 32,9 Millionen Euro und ein Einkommen (Löhne und Gewinne) von ca. 16,8 Millionen Euro. 800 Menschen hatten auf diese Weise eine Arbeit, und das kommunale Steueraufkommen betrug 700 000 Euro. Dem stehen Anfangsinvestitionen von 2,5 Millionen Euro gegenüber, verteilt auf die ersten vier Jahre der Entstehung des Rothaarsteigs.

Eine Befragung von Jakobspilgern in der Schweiz hat eine Zahl von 40 000 Übernachtungen pro Jahr ergeben. Die durch die Pilger ausgelöste Wertschöpfung ist beachtlich, sie lag zwischen 5,4 und 5,9 Millionen Schweizer Franken, die überwiegend peripheren Gegenden zugute kommen. Für viele Beherbergungsbetriebe bedeutet dies ein wichtiges wirtschaftliches Standbein.

Auch andere „Natursportarten“ wie Klettern, Kanu fahren oder Tauchen schöpfen ihren Erlebniswert aus einer intakten Umwelt. Sie sorgen nicht nur für eine wirtschaftlich kaum zu messende gesunde Lebensführung, diese Arten des Tourismus generieren einen beträchtlichen wirtschaftlichen Wert. Nach Erhebungen des Deutschen Alpenvereins gibt es

beispielsweise bundesweit etwa 76 500 Felskletterer. Die Zahl der ganzjährig aktiven Taucher, die auch häufiger in Deutschland tauchen, wird auf 300 000 bis 600 000 geschätzt. In Deutschland leben bis zu 17,6 Millionen aktive Wassersportler, die surfen, segeln, tauchen, Kanu fahren. Der Umsatz auf dem deutschen Wassersportmarkt lag im Jahr 2002 bei 1,67 Milliarden Euro. Und auch der Wintersport meldet nach dem warmen Winter 2007 in diesem Jahr wieder ein zweistelliges Umsatzplus.

In Deutschland gibt es fast dreieinhalb Millionen aktive Angler, die auf saubere und naturnahe Gewässer angewiesen sind. Sie geben pro Jahr über drei Milliarden Euro aus und sichern damit 52 000 Arbeitsplätze. Europaweit stellen die etwa 25 bis 30 Millionen Angler einen Wirtschaftsfaktor von rund 25 Milliarden Euro dar. In den USA ist die Freizeitfischerei ein wichtiger Teil der Kultur und der Wirtschaft von Küstengemeinden. 2002 gaben etwa 9,1 Millionen Freizeitfischer mehr als 20 Milliarden US-Dollar für ihr Hobby aus und sicherten damit 300 000 Arbeitsplätze.

Eine eigene Form der Freizeitgestaltung in der Natur ist die Naherholung. Vor allem rund um die Städte und Ballungszentren sind nahe Wald- und Erholungsgebiete von wachsender Bedeutung. Die steigende Nutzung durch Wandern, Reiten, Mountainbiking, Walken und Jogging führt bereits zunehmend zu Konflikten, sowohl zwischen den verschiedenen Nutzern, vor allem aber auch mit der Forstwirtschaft, die ihre wirtschaftlichen Erträge beeinträchtigt sieht. Ihren möglichen Einbußen muss allerdings der Wert der Naherholung gegenübergestellt werden.

Eine umfangreiche Studie aus dem Jahr 2001 über die Erholungsleistungen der Wälder für die Naherholung kommt zu einem Wert von 2,5 Milliarden Euro pro Jahr. Allerdings schwanken die ermittelten Werte erheblich, sie richten sich nach der Erreichbarkeit der Erholungsgebiete und reichen von 25 Euro pro Hektar und Jahr in ländlichen Gegenden bis über 50 000 Euro pro Hektar und Jahr in urbanen Regionen. Die höchste Wertschätzung findet sich zwangsläufig in der Peripherie von Ballungszentren. Die tatsächlich realisierte In-Wert-Setzung ist allerdings deutlich geringer. Sie beschränkt sich auf die finanzielle Unterstützung der öffentlichen Hand für die Waldbesitzer als Ersatz für die Beanspruchung der Infrastruktur und als Ausgleich für Nutzungskonflikte.

Eine intakte Natur ist ein produktiver Faktor im wachsenden Wirtschaftssektor Tourismus, ein Faktor, der das Erleben und den Genuss steigert, zur Wertschöpfung beiträgt und Arbeitsplätze schafft. Es ist allerdings kein Faktor, der einfach vorhanden ist und beliebig genutzt werden kann. Tourismus ging jahrzehntelang und geht auch heute noch viel zu

häufig einher mit einer völligen Missachtung der Belange der Natur. Sie wird einbetoniert, und ihr wird das Wasser abgegraben, sie wird zur Autopiste, zur Landebahn und zur Müllhalde. Ihren touristischen Gebrauchswert erhält sie aber nur, wenn in sie auch investiert wird. Wo diese Investitionen erfolgen, zahlen sie sich nicht nur in Erholungswert, sondern auch in Geldwert aus.

Doch auch naturnaher, naturverträglicher Tourismus ist kein Allheilmittel. Trotz der zahlreichen Impulse, die er auf eine Region haben kann, sollte seine regionalökonomische Wirkung nicht überbewertet und vor allem nicht verallgemeinert werden. Insbesondere in Regionen, die aus anderen Gründen bereits über eine starke touristische Marke und ein großes Besucherpotenzial verfügen, kann das natürliche Potenzial nur sehr begrenzt zu einer Erhöhung der Besucherzahlen beitragen. Umgekehrt bietet eine attraktive naturräumliche Ausstattung für Regionen, die bisher weniger touristisch geprägt sind, die Chance, ihr Image zu verbessern und zusätzliche Besucher anzuziehen. Der regionalökonomische Beitrag der Natur ist in solchen Fällen vergleichsweise hoch, zumal in Gegenden, die kaum andere wirtschaftliche Standbeine haben. Großschutzgebiete beispielsweise liegen meistens eher in ländlich geprägten, peripheren Regionen, wo sich im größeren Maßstab hochwertige Naturräume erhalten konnten. Oft sind dies Regionen, in denen die Wirtschaftskraft eher gering ist und wo von daher zusätzliche Einkommensquellen eine besondere Bedeutung haben.

#### Zum Weiterlesen

- Job H, Harrer B, Metzler D, Hajizadeh-Alamdary D (2005): *Ökonomische Effekte von Großschutzgebieten*. BfN-Skripten 135. Bad Godesberg
- Küpfer I (2000): Die regionalwirtschaftliche Bedeutung des Nationalparktourismus. Untersucht am Beispiel des Schweizerischen Nationalparks. Naturparkforschung Schweiz Nr. 90. Geographisches Institut der Universität Zürich
- Petermann C (2002): *Naturschutz als Impulsgeber für sozioökonomische Entwicklungen. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 898 81004 des Bundesamtes für Naturschutz, Angewandte Landschaftsökologie Heft 47, Bundesamt für Naturschutz*. Bonn
- Frost P G H, Bond I (2008): *The CAMPFIRE programme in Zimbabwe: Payments for wildlife services*. In: Ecological Economics, Vol. 65, Issue 4, pp. 776-787
- Mulongoy K J, Gidda S B (2008): *The Value of Nature: Ecological, Economic, Cultural and Social Benefits of Protected Areas*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Font X, Cochrane J, Tapper R (2004): *Pay per nature view. Understanding tourism revenues for effective management plans*. Report for WWF on the basis of the study

‘Tourism for Protected Area Financing: *Understanding tourism revenues for effective management plans*’, Leeds (UK): Leeds Metropolitan University

Natursportinfo – Das Natursportinformationssystem von BfN und BAFU,  
<http://www.natursportinfo.de/>

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Leben im Grünen – der Standortfaktor Natur

Natur, eine schöne Landschaft, frische Luft, Wohnen im Grünen, Wohnen am Wasser sind Inbegriffe von Lebensqualität, sie steigern den Wert einer Wohnung, eines Stadtviertels, einer Region. Sie sind eine wesentliche Entscheidungsgrundlage bei der Auswahl des Ortes, wenn ein Unternehmen eine neue Produktionsstätte bauen will oder jemand ein neues Zuhause sucht. Natur gehört zu den Attraktionen, mit denen im Standortmarketing geworben wird, wie die folgende Auswahl an Eigenwerbungen belegt:

- „Hochfranken ist Lebensqualität. Ein breites Angebot an kulturellen und sozialen Einrichtungen macht die in reizvoller Landschaft gelegene Region Hochfranken lebenswert.“ (Hochfranken)
- „Hessen bietet Lebensfreude pur und Lebensqualität satt: herzliche Menschen, idyllische Natur, romantische Dörfer, traditionelle Volksfeste ...“ (Hessen)
- „Nur wenige Städte im Alpenbogen werden derart eindrücklich durch das Bergpanorama geprägt. Zusammen mit dem See ergibt sich eine einzigartige, landschaftliche Ambiance, die auch innerhalb der Stadt fast überall sicht- und spürbar ist.“ (Thun, Schweiz)
- „Mülheim an der Ruhr gilt zu Recht als ‚landschaftlich schönste‘ Stadt im Ruhrgebiet. Ein großer Teil des Stadtgebietes, besonders im Außenbereich, wird von Wiesen und Feldern, Wald und Wasser, Parks und Gärten eingenommen.“ (Mülheim/Ruhr)

Die Liste lässt sich beliebig fortsetzen. Die Bedeutung einer als intakt empfundenen Natur ist ein wichtiger und unbestrittener Faktor für die Lebensqualität – insbesondere in Städten. Eine Umfrage unter den Bewohnern der zehn größten Städte Deutschlands ergab, dass viele Grünflächen (81 Prozent) und Umweltfreundlichkeit (54 Prozent) von der überwiegenden Mehrheit als wichtige Aspekte der Lebensqualität angesehen werden.

### DIE NATÜRLICHE ATTRAKTIVITÄT DER STADT

Die Bedeutung von Freiräumen und Grünflächen für die Qualität eines Standortes drückt sich auch in den Preisen für Grundstücke und Immobili-

lien aus. Ein Forschungsprojekt im Auftrag des Deutschen Städtetags untersuchte den Zusammenhang von Freiraumparametern und Bodenrichtwert. Hierzu wurden Straßenzüge und Teilgebiete in 16 deutschen Mittel- und Großstädten untersucht. Im Ergebnis zeigt sich, dass neben nicht freiraumbezogenen Faktoren wie z. B. Stadtgröße und Gebietstyp insbesondere aufwendig gestaltete und sorgfältig gepflegte Grünanlagen im direkten Umfeld des Wohnstandortes den Bodenrichtwert erheblich erhöhen. In den Großstädten München, Berlin und Stuttgart erreichen die Immobilien in unmittelbarer Nähe der innerstädtischen Grünflächen Höchstpreise. Wie kostbar öffentliches Grün ist, zeigt die Statistik der Stadt Berlin: Der Wert der etwa 400 000 Straßenbäume wird auf über eine Milliarde Euro geschätzt. Berlin verfügt über 2600 öffentliche Grünanlagen mit einer Fläche von über 5000 Hektar.

Ähnliche Befunde gelten auch für andere Länder. Der niederländische Landschaftsplaner Tom Bade beziffert die Immobilienwertsteigerung durch stadtnahe Natur in den Niederlanden nach Daten des Nederlands Economisch Instituut, Instituut voor Milieuvraagstukken auf 450 bis 1350 Millionen Euro. Vor allem in den USA gibt es für viele Regionen Studien, die den Zusammenhang zwischen Wohnungs- bzw. Grundstückspreisen und der umgebenden Natur analysieren. Eine Meta-Studie wertete die Ergebnisse von 39 Einzelstudien aus den USA unter folgenden Fragestellungen aus: Fördert eine qualitativ hochwertige Landschaft das Bevölkerungswachstum und die wirtschaftliche Entwicklung in der Umgebung? Und welche Bedeutung hat dieser Faktor im Vergleich zu anderen (ökonomischen) Faktoren? Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Migrationsmuster durch die Landschaft fast genauso stark beeinflusst werden wie beispielsweise durch den Steuersatz oder das Lohnniveau. Sie belegt zudem, dass ein Teil dieser Landschaftsqualität in Form von höheren Haus- bzw. Grundstückspreisen kapitalisiert werden kann.

Natur in der Stadt erhöht nicht nur die Lebensqualität und steigert den Wohnwert, sie bietet auch große Chancen für die Artenvielfalt, denn die städtische Nutzungs- und Strukturvielfalt sowie die Durchgrünung der Städte bietet Raum zur Einwanderung neuer Arten. Prof. Körner von der Abteilung Landschaftsbau der Universität Kassel beobachtet diesen Prozess seit Jahren: „Bekannt ist das Beispiel der Amsel, ursprünglich ein scheuer Waldvogel, seit den 1980er Jahren wandern Eichelhäher ein, gefolgt von ihrem Feind, dem Habicht, der allerdings auch vom Angebot an Stadttauben profitiert. Sogar die vielgescholtenen immergrünen Koniferengärten führen in München mittlerweile dazu, dass sich der Alpenbirkenzeisig eta-

bliert. Ehemalige Ziergehölze bürgern sich in den Städten ein und bieten in blütenarmen Zeiten Nahrung. Insgesamt handelt es sich bei diesem Einwanderungsgeschehen keineswegs nur um Allerweltsarten oder „Opportunisten“. Körner weiß von noch viel selteneren Einwanderern zu berichten: „Auf Berliner Stadtgebiet brüten Seeadler und bauen Biber Burgen, in Kassel geht auf dem Gelände der BUGA 1981 ein Fischadler auf die Jagd.“

Nicht nur für die Bevölkerung spielen Natur und Landschaft bei der Wahl ihres Wohnstandortes eine Rolle, auch auf Standortscheidungen von Unternehmen haben diese Faktoren einen Einfluss. Diese Entscheidungen sind für Unternehmen von ausgesprochen hoher Bedeutung, weil sie sich damit für lange Zeit festlegen. Deswegen beziehen die meisten Unternehmen eine Vielzahl von Kriterien in ihre Überlegungen ein und prüfen die in Betracht kommenden Standorte diesbezüglich genau. Dabei wird zwischen „harten“ und „weichen“ Standortfaktoren unterschieden. Zu den harten Standortfaktoren wird die Infrastrukturausstattung (Verkehrsanbindung, Steuern, Abgaben, Kaufkraft, verfügbare Arbeitskräfte etc.) gezählt. Hier haben viele Regionen in Deutschland ein relativ hohes Niveau erreicht. Deswegen werden die weichen Standortfaktoren als Unterscheidungsmerkmal wichtiger. Dazu gehört auch die Attraktivität für die Mitarbeiter. Je höher diese ist, desto leichter lassen sich vor allem hochqualifizierte Arbeitskräfte anwerben. Diese Attraktivität wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, unter anderem durch das kulturelle Angebot, die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten, die Umweltqualität sowie die Naherholungs- und Freizeitmöglichkeiten.

#### FÜR EINEN NEUEN STADT-UMLAND-VERTRAG

Die Attraktivität eines Standortes wird mehr denn je bestimmt durch die Qualität des Umlandes. Bietet es Möglichkeiten der Naherholung, kann man dort Freizeitaktivitäten wie Wandern, Radfahren oder Golfen nachgehen? Das Institut für Wirtschaftsforschung in Halle empfiehlt daher zur Optimierung der Standortqualität ostdeutscher Kommunen neben der Verbesserung der direkten Freizeitinfrastruktur auch die Ausweisung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten, die Ausdehnung bestehender Naturflächen durch Renaturierung und Bepflanzung und weitere ökologische Maßnahmen. Für die Schweiz stellt der Berner Wirtschaftsgeograph Professor Messerli fest, dass sich für einige Regionen mit dem Natur- und Landschaftsschutz als immobilem Standortfaktor eine neue Möglichkeit der Wertschöpfung eröffnet, was auch den Boom an neuen regionalen Schutzgebieten erklärt.

Von großer Bedeutung ist der Erholungswert stadtnaher Wälder. In Ballungsräumen besuchen bis zu 1000 Menschen jährlich einen Hektar Wald, im Bundesdurchschnitt sind dies 168 Besucher pro Hektar. Der Erholungswert der Wälder in Deutschland wird aufgrund von Untersuchungen zur Zahlungsbereitschaft mit ca. 2,5 Milliarden Euro zzgl. circa 0,5 Milliarden Euro Ferienerholung angesetzt – mehr als 50 Euro pro Jahr und Besucher.

Das Umland gewinnt in dem Maße an Bedeutung, in dem die Stadt für immer mehr Menschen zum Lebensmittelpunkt wird. 1900 lebten 86 Prozent der Weltbevölkerung auf dem Land und 1950 immerhin noch 70 Prozent. Etwa um das Jahr 2007 lebten zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit mehr Menschen in Städten als auf dem Land. In Deutschland lebten um 1900 noch 32,5 Millionen Menschen, d. h. 58 Prozent aller Einwohner, in Städten unter 5000 Einwohnern und nur 16 Prozent in Großstädten über 100 000 Einwohner. Ende 2003 lebten noch 12,7 Millionen oder 15,4 Prozent der Bevölkerung Deutschlands in ländlichen Gebieten, aber 48,8 Prozent der Bevölkerung (40,3 Millionen) in städtischen oder dichtbesiedelten Gebieten – Tendenz steigend.

Die Attraktivität des Umlandes führt in einigen Großstädten wie München, Berlin und Hamburg zu einer Wanderungsbewegung von der Stadt ins Umland. Der Wunsch, im Grünen zu wohnen, ist eines der ausschlaggebenden Motive für den Umzug. Allerdings profitieren nicht alle Regionen mit einer guten naturräumlichen Ausstattung gleichermaßen von diesem Trend. Die Analyse der Wanderungsbewegungen lässt vermuten, dass die Natur als Faktor des Wohnumfeldes zwar eine wichtige Rolle spielt, jedoch nur als ergänzendes Angebot.

Dass auch die In-Wert-Setzung naturnaher entlegener Regionen funktionieren kann, zeigen verschiedene Beispiele. Zwei Gebietstypen eignen sich dafür besonders:

- Biosphärenreservate sind Modellregionen, in denen das Zusammenleben von Mensch und Natur beispielhaft entwickelt und erprobt wird. Sie sorgen für ein ausgewogenes Verhältnis von menschlicher Nutzung und natürlichen Kreisläufen und tragen damit zur regionalen Wertschöpfung bei. Biosphärenreservate ermöglichen der Wissenschaft exemplarische Erkenntnisse über die Wechselwirkungen von natürlichen und gesellschaftlichen Prozessen.
- Naturparks sind Regionen, in denen sich Menschen erholen können. Sie bewahren Landschaft und Natur und unterstützen einen natur-

verträglichen Tourismus. Sie fördern eine nachhaltige Regionalentwicklung und offerieren Angebote zur Umweltbildung.

Im Biosphärenreservat Schaalsee wurde zu diesem Zweck 1998 die Regionalmarke „Biosphärenreservat Schaalsee – Für Leib und Seele“ eingeführt. Die Regionalmarke ist zum einen Marketing-Instrument für Unternehmen und Produkte. Knapp 60 Prozent der beteiligten Unternehmen bewerten die Marke positiv, und bei ca. 12 Prozent von ihnen hat sich nach eigenen Angaben der Umsatz durch die Regionalmarke erhöht. Zum anderen bilden die mit der Regionalmarke ausgezeichneten über 60 Klein- und Kleinstunternehmen ein Netzwerk für eine erfolgreiche nachhaltige Regionalentwicklung. Solche Netzwerke können über die touristische Nutzung derartiger Regionen hinaus einen hohen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung leisten. Dies zeigt beispielsweise auch der innovative „Werkraum Brengenerwald“, ein Zusammenschluss von über 100 Handwerkern, Architekten und Designern aus den abgelegenen Bergtälern des Voralbergs.

Es geht darum, die Nachfrage nach den Naturgütern besser in die bestehenden Märkte einzubinden. Pablo Gutmann vom WWF Macroeconomics for Sustainable Development Program Office skizziert auf der Grundlage der aktuellen Entwicklungen den Entwurf eines neuen Stadt-Umland-Vertrags: Früher war der (ungeschriebene) Vertrag zwischen Stadt und Land, dass das Land seine Arbeitskräfte und Produkte in die Stadt schickt und die Stadt das Land mit Gütern, Dienstleistungen und politischer Steuerung beliefert. Heute schickt das Land zwar immer noch Arbeitskraft und Produkte, aber diese haben in der Stadt immer weniger Wert. Noch nie war der Unterschied zwischen urbanem und ländlichem Wohlstand so groß wie heute. Dem gegenüber stehen enorme ökologische Schädigungen auf dem Land durch Übernutzung, Entwaldung, Gewässerbegradigung, Verlust an Biodiversität usw., die insbesondere durch die Rationalisierung in der Landwirtschaft verursacht wurden. Dieser derzeit begangene Weg führt in die Sackgasse fallender Preise und steigender Schäden. Deshalb muss ein neuer Stadt-Umland-Vertrag formuliert werden. Er soll die Einkommensmöglichkeiten auf dem Land verbessern, den Graben zwischen Stadt und Land verringern und die Umweltbelastungen senken. Er gründet auf einem Handel, dessen Gegenstand – neben den bisherigen Produkten aus der Primärproduktion – ein neues Produkt ist: das intakte, naturnahe und lebenswerte Umland der Städte. Ein solcher Vertrag kann politisch gefördert werden, er ist im Kern das Ergebnis vieler einzelner Initiativen, die alle darauf abzielen, dass Landschaftspflege, qualitativ hoch-

wertige und umweltverträgliche Produkte, Freizeit- und Erlebnisangebote in der Natur adäquat abgegolten werden. Dazu muss in der Stadt das Bewusstsein dafür wachsen, dass es für die Mehrkosten auch einen realen Gegenwert gibt, der den Warenkorb der Stadtbewohner bereichert und, etwa im Gesundheitsbereich, Kosten reduziert. Ein solcher Vertrag führt schließlich laut Gutmann dazu, dass der Wert von Natur und Umwelt endlich Eingang in das Bruttosozialprodukt findet und auf diese Weise eine naturkonforme ökonomische Raumnutzung etabliert wird.

#### Zum Weiterlesen

BAT (2008): „Hier lässt es sich leben!“ – Deutsche Städte aus Sicht der Bevölkerung.

Umfrage zur Lebensqualität in Deutschlands 10 größten Städten aus Sicht der Bewohner, BAT Stiftung für Zukunftsfragen, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1067/umfrage/lebensqualitaet-in-deutschlands-grossstaedten-aus-sicht-der-bewohner/stat>

Grabow B, Henckel D, Hollbach-Grömig B (1995): *Weiche Standortfaktoren. Schriften des Deutschen Instituts für Urbanistik. Bd. 89.* Stuttgart, Berlin, Köln

Gruehn D (2006): *Bedeutung von Freiräumen und Grünflächen für den Wert von Grundstücken und Immobilien.* Forschungsbericht im Auftrag der GALK-DST, Endbericht (Kurzfassung), [http://www.die-gruene-stadt.de/pdf/fvh\\_gruen\\_endbericht\\_kurz\\_0606.pdf](http://www.die-gruene-stadt.de/pdf/fvh_gruen_endbericht_kurz_0606.pdf)

Gutman P (2007): *Ecosystem services: Foundations for a new rural-urban compact.* In: Ecological Economics, vol. 62, issue 3-4, pages 383-387

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Von der Natur leben

Die Welt feiert im Jahr 2009 das 250-jährige Charles-Darwin-Jubiläum und das Erscheinen seiner Schrift „Über die Entstehung der Arten“. Zu Darwins Zeit drehte sich die Diskussion um den göttlichen Schöpfungsplan und die Sonderstellung des Menschen. Heute wissen wir, dass nicht nur der Mensch vom Affen abstammt (genauer gesagt haben sie gemeinsame Vorfahren), sondern dass das ganze uns bekannte Leben auf evolutionären Prozessen beruht. Durch die Milliarden Jahre dauernde Wechselwirkung zwischen Lebewesen und ihrer unbelebten Umwelt wurde die gesamte atembare Atmosphäre und die Umwelt so gestaltet, dass sich die Vielfalt des Lebens in der heute bekannten Form entwickeln konnte – einschließlich der menschlichen Existenz. Und die Biosphäre hat sich immer weiter entwickelt und die gegenseitigen Abhängigkeiten der Lebewesen verstärkt. Nur die Gesamtheit der Lebewesen kann eine für den Menschen lebensfähige Biosphäre aufrechterhalten. Schon geringe Veränderungen der Atmosphäre und der Temperatur auf der Erde reichen, um die Lebensbedingungen drastisch zu ändern. Mehrfach gab es in der Erdgeschichte schon Massensterben von Arten. Im Zuge der Debatte um den Klimawandel werden auch heute in Fachkreisen derartige Szenarien diskutiert, die vom Abtauen der Permafrostböden bis zur Abnahme der CO<sub>2</sub>-Speicherungsfähigkeit im Meer reichen.

Bei der Bestimmung des Wertes eines Lebensraumes kann man nur die direkt messbaren materiellen Bestandteile wie Holz, Nahrungsmittel, medizinische Wirkstoffe usw. in die Berechnung einbeziehen. Die Bildung von Sauerstoff, die Bindung von Kohlenstoff in den Lebewesen, die Reinigung der Luft, die Aufrechterhaltung der Stoffkreisläufe, die klimatischen Wirkungen, die Säuberung, Speicherung und langsame Abgabe von Wasser in die Atmosphäre und in den Boden und die Humusbildung muss man voraussetzen. Sie gehören zu den Grundlagen menschlichen Lebens auf der Erde. In Zeiten des Klimawandels beginnen wir gerade erst, uns bewusst zu machen, dass diese Dienstleistungen nicht selbstverständlich sind und dass wir in einer begrenzten Welt leben, in der kein unbegrenztes Wachstum auf Kosten der natürlichen Umwelt möglich ist.

Aber auch unter den materiellen und leichter messbaren Gütern und Dienstleistungen, die die Natur bereithält, gibt es einige, die die Grundbedürfnisse des Menschen befriedigen. Von ihnen handelt dieses Kapitel.

## ZWEI ARTEN, LAND ZU BEWIRTSCHAFTEN

Die Bedeutung der Landwirtschaft für den Menschen ist für jedermann einsehbar und unumstritten. Die Züchtung von Nutzpflanzen und -tieren war einer der wichtigsten Schritte in der Entwicklung der Menschheit. Sie veränderte das gesamte Verhalten, landwirtschaftlich erzeugte Überschüsse waren eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung der gesellschaftlichen Arbeitsteilung. Erst als genügend Überschüsse aus der Landwirtschaft erwirtschaftet wurden, konnte sich die Gesellschaft differenzieren.

Die Landwirtschaft hat eine lange Entwicklung hinter sich, die sich mit der Industrialisierung rasant beschleunigte. Der Bauernhof früherer Generationen, umgeben von Feldern, mit einem Bauerngarten am Haus, Pferden, Rindern, Schweinen, Schafen, Ziegen und Geflügel, in den Ställen und auf den Weiden ist in den Industrieländern fast nur noch als Freilichtmuseum zu finden. Inzwischen dominieren Großfarmen und -plantagen sowie riesige Viehzuchtbetriebe die Nahrungsmittelindustrie weltweit.

Diese Produktionsweise, die vielen als Spitze des Fortschritts in der Herstellung von Nahrungsmitteln erscheint, ist in Wahrheit eine äußerst ineffiziente Form der Verwertung von Erdöl. Sie konnte sich nur deshalb so verbreiten, weil die fossilen Energieträger, die hauptsächlich in Form von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln, maschineller Feldbearbeitung, Transport und Bewässerung in die landwirtschaftliche Produktion eingehen, bislang billig sind. Die US-amerikanische Landwirtschaft verbraucht 90 Kilokalorien (kcal) Energie (überwiegend auf Erdöl-Basis) zur Erzeugung von 1 kcal Nahrung – mit steigender Tendenz.

Dabei hat sich die Intensivierung und Industrialisierung der Landwirtschaft mit genormtem Saatgut, mit einem hohen Einsatz von Maschinen, Düngern und Pestiziden weltweit deutlich gesteigert. Von 1960 bis 2000 hat sich die Getreideproduktion verdoppelt, die Nutztierproduktion sogar verdreifacht. Trotzdem schafft es die industrielle Landwirtschaft nicht, mit den Überschüssen allen Menschen eine Nahrungsgrundlage zu liefern. Hauptursache hierfür ist jedoch nicht eine zu geringe erzeugte Gesamtmenge, sondern vor allem unzulängliche Verteilungssysteme sind verantwortlich. Seit 1996 hat die Zahl hungernder Menschen kontinuierlich zugenommen. Nach dem von der Deutschen Welthungerhilfe, dem US-Agrarforschungsinstitut IFPRI und dem Hilfswerk Concern erstellten „Welthungerindex 2008“ ist die Zahl der Hungernden allein im Zeitraum von 2005 bis 2007 um knapp zehn Prozent gestiegen, von 848 Millionen auf den historischen Höchststand von 923 Millionen Menschen. Dies hat verschiedene Ursachen, darunter vor allem Wassermangel, Klimaverände-

rungen und Dürre, sinkende Investitionen in Forschung und Infrastruktur, hohe Infektionsraten, vor allem mit HIV/Aids, Finanzspekulationen und die lokale Konkurrenz durch den verstärkten Anbau von Energiepflanzen.

Vor allem in den nicht hochindustrialisierten Ländern dient ein großer Teil der Landwirtschaft noch der Eigenversorgung. Sie hat darüber hinaus vor allem Bedeutung für die in der Nähe liegenden Dörfer und Städte. Diese als Subsistenzwirtschaft bezeichnete Landwirtschaft wird von ca. 800 Millionen Menschen betrieben, und mehr als zwei Milliarden Menschen leben in direkter Abhängigkeit von dieser Form der Selbstversorgung. Die Subsistenzwirtschaft kann die Nahrungsprobleme einer immer noch wachsenden Menschheit von 6,6 Milliarden Menschen nicht lösen, doch hängt von ihr das Schicksal rund eines Drittels der Menschheit ab. Den größten Anteil an der landwirtschaftlichen Wertschöpfung hat die industrielle Landwirtschaft. So leben in Afrika 14 Prozent der Weltbevölkerung, auf die lediglich ein Netto-Produktionswert von 121 Milliarden US-Dollar entfällt. Das sind knapp acht Prozent des Welt-Netto-Produktionswertes von 1,518 Billionen US-Dollar. In den USA leben weniger als 5 Prozent der Weltbevölkerung, der Netto-Produktionswert des Landes beträgt jedoch 159 Milliarden US-Dollar. In den landwirtschaftlichen Produktionswert gehen negative Folgen der industriellen Landwirtschaft wie z. B. die Folgen der Überdüngung, die Kontamination durch Pflanzenschutzmittel, Hormone und Antibiotika, die Bodenerosion und der Verlust von Bodenfunktionen usw. nicht ein. Weltweit ist von 1950 bis 1994 ein Drittel der landwirtschaftlichen Böden durch Erosion verschwunden, jährlich gehen noch immer 10 Millionen Hektar Ackerland (0,7 Prozent) verloren.

Die strukturellen Mängel der Landwirtschaft gewinnen ihre Dramatik vor dem Hintergrund des weltweiten Bevölkerungswachstums und der damit einhergehenden Verstädterung und den Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten.

1999 erreichte die Weltbevölkerung die Sechs-Milliarden-Grenze, 2007 lebte erstmals in der Geschichte der Menschheit die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, und bis 2012 wird bereits mit einer Weltbevölkerung von sieben Milliarden gerechnet. Weil sie jährlich um 1,5 Prozent zunimmt, schrumpft das fruchtbare Ackerland pro Kopf der Weltbevölkerung. 1960 betrug es 0,44 Hektar, 2003 war es nur noch die Hälfte. Dabei hat sich die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche im gleichen Zeitraum um neun Prozent vergrößert, allerdings dienen insgesamt 80 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Viehhaltung. Forschungen zeigen

auch, dass auf 65 Prozent der weltweit kultivierten Flächen die Bodenfruchtbarkeit zurückgeht. Trotzdem erhöhte sich von 1970 bis 2000 die durchschnittliche Nahrungsenergieversorgung von rund 2400 auf 2800 kcal pro Person und Tag. Diese Steigerung ist allerdings regional sehr ungleich verteilt. Während in den Ländern der Sub-Sahara-Region Afrikas kaum ein Zuwachs zu verzeichnen ist, gab es insbesondere in China einen gewaltigen Sprung von etwa 2000 auf über 3000 kcal. Diese sind allerdings auch wiederum ungleich verteilt.

Die verfügbare Menge an Nahrungsmitteln hängt auch von den Ernährungsgewohnheiten ab. So ist der Flächenverbrauch bei tierischen Nahrungsmitteln deutlich höher als bei pflanzlichen. Eine Studie aus den Niederlanden zeigt, dass der Konsum von nur sechs Lebensmitteln nahezu die Hälfte des gesamten Flächenbedarfs für Ernährung in den Niederlanden benötigt: Margarine, Hackfleisch, Wurst, Käse, Bratfette und Kaffee. Und der Konsum von Kaffee und Tee in den Niederlanden verbraucht mehr Fläche als die Grundnahrungsmittel Gemüse, Obst und Kartoffeln zusammen. Solange der Konsum bezahlbar ist, ändern sich diese Ernährungsgewohnheiten kaum.

Ganz anders ist die Zusammenstellung der Ernährung bei einer vollständigen Subsistenzwirtschaft. Wenn eine Familie oder Gruppe ausschließlich vom Eigenanbau lebt, muss eine reichhaltige Auswahl von Pflanzen angebaut werden: Grundnahrungsmittel (z. B. Mais, Cassava, Süßkartoffeln, Sorghum, Hirse, Bananen, Sago, Reis), Proteinpflanzen (Leguminosen, teilweise auch tierische Produkte als Ergänzung), Ölpflanzen (z. B. Sesam, Kokospalme, Sonnenblume, Sojabohnen), Faserpflanzen zur Herstellung von Bekleidung sowie Gewürz-, Färb- und Medizinalpflanzen.

Viele Kulturformen und die dabei verwendeten Pflanzen sind an sehr spezielle Lebensverhältnisse angepasst. Detlef Virchow, der Direktor des Regionalzentrums für Afrika des AVRDC – The World Vegetable Center, fasst die Situation folgendermaßen zusammen: „Vor allem Kleinbauern in Ländern Afrikas, Asiens und Lateinamerikas, die nur beschränkt in den Markt für landwirtschaftliche Betriebsmittel und Produkte eingebunden sind und die zum Teil mit knappen Ressourcen (Kapital, Boden, Wasser) produzieren und leben müssen, sind sehr auf die Vielfalt der genetischen Ressourcen für die Ernährung und Landwirtschaft (GREL) angewiesen. Durch den Anbau von unterschiedlichsten traditionellen, an den Standort angepassten Sorten und die Haltung dementsprechender Haustierrassen, die in der Regel weniger Betriebsmittel, wie z. B. Dünger, Schutzmittel gegen Krankheiten und Schädlinge, benötigen, können diese Produzenten

das Produktionsrisiko minimieren und besonders bei extremen klimatischen Bedingungen die Produktion und das Überleben sichern.“ Subsistenzwirtschaft lebt von der Vielfalt und reagiert entsprechend empfindlich auf deren Einschränkung.

### JAGEN, UM SICH ZU VERSORGEN

Zur Selbstversorgung gehört nicht nur die Bewirtschaftung kleiner landwirtschaftlicher Flächen, sondern zusätzlich Jagd, Fischfang und die Suche nach wild wachsenden oder nur wenig kultivierten Nahrungs- und Heilpflanzen. In vielen Gebieten, von den Tropen bis in die Polarregionen, tragen Sammeln, Jagd und Fischerei wesentlich zur Ernährung, Gesundheitsvorsorge, zum Einkommen und zur Kultur der Menschen bei. Werden die Menschen, die zu den wirtschaftlich Schwächsten gehören und oft am Rande des Existenzminimums leben, aus ihren heimischen Wohnorten auf schlechte Böden mit schlechter Wasserversorgung vertrieben und wird ihnen zugleich der Zugang zu den ihnen bekannten Nahrungs-, Gewürz- und Heilpflanzen und den Jagdtieren verwehrt, so wird aus Armut oft Not und Hunger. Die Jagd der in Subsistenzwirtschaft lebenden Völker ist meist naturverträglich. Der Aufwand ist relativ groß, die Ausbeute gering und reicht zur Ernährung und zur Versorgung lokaler Märkte aus.

### HOLZ ALS ENERGIEQUELLE

Wald bildet für 1,2 Milliarden Menschen die Lebensgrundlage, 60 Millionen Menschen aus indigenen Bevölkerungsgruppen sind mit ihrer Subsistenzwirtschaft auf Wald angewiesen. Zugleich ist der Wald ein bedeutender industrieller Wirtschaftsfaktor. Der Umsatz im globalen Holzhandel wird auf 345 Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt. Neben der Nutzung des Holzes spielt vor allem die Verbrennung von Holz eine wichtige Rolle.

Die Versorgung mit Energie ist für die in Subsistenzwirtschaft lebenden Völker eine lebenswichtige Frage. Die Hälfte der Weltbevölkerung benötigt Feuerholz (oder Holzkohle) zum Kochen, Abkochen von Wasser oder Heizen. In der globalen Energiebilanz stellt die Verwendung von Brennholz vielleicht fünf Prozent des gesamten Verbrauchs dar, aber für mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung ist es auf absehbare Zeit die einzige Energiequelle. In Südamerika dienen 67 Prozent des Rundholz-Einschlags der lokalen oder regionalen Energieversorgung, in Asien sind es 75 Prozent und in Afrika sogar 88 Prozent. In den Entwicklungsländern entspricht der Verbrauch etwa 30 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs, und allein fünf Länder – Brasilien, China, Indien, Indonesien und Nigeria – nutzen

über 30 Prozent der weltweiten Holzernte in Form von Feuerholz und Holzkohle. Es werden vor allem Strauchwerk und kleine Bäume aus dem Unterholz gesammelt. Oft sind die Gebiete um Siedlungen inzwischen frei von jedem niedrigen Gehölz, sodass die Wege für die Holzsammler immer weiter werden und auch der Holzpreis ansteigt. Mit der Abholzung ist zudem Bodenerosion, in bestimmten Gebieten das Vordringen der Wüste und der Rückgang der Biodiversität verbunden.

In Madagaskar beträgt der Durchschnittsverbrauch eines städtischen Haushalts etwa 60 bis 70 Kilogramm Holzkohle pro Monat – wofür etwa 720 Kilogramm Holz eingeschlagen werden müssen. Die Deutsche Gesellschaft für Technologische Zusammenarbeit versucht die Entwaldungsrate durch Aufforstungsprojekte mit schnell wachsendem Eukalyptus und mit dem Einsatz neuer effizienterer Kochherde zu begegnen. Durch solche Veränderungen der Wirtschaftsweise kann der Feuerholzbedarf besser gestillt werden. In Agroforst-Systemen in Nigeria stieg dadurch seit 1975 die Baum- und Strauchdichte um das Zwanzigfache, insgesamt wurden fünf Millionen Hektar neu bewaldet. Die Landwirte berichten, dass die Bodenfruchtbarkeit und ihr Einkommen gestiegen seien. Durch das Blattfutter konnte die Zahl der Schafe und Ziegen erhöht werden, und der Zeitaufwand der Frauen für das Holz sammeln sank von zweieinhalb Stunden täglich auf etwa eine Stunde.

## DIE BEDEUTUNG DER VIELFALT GENETISCHER RESSOURCEN

Von den weltweit lebenden etwa 250 000 Pflanzenarten gelten etwa 75 000 als essbar, davon werden wiederum etwa 7000 verwendet, das sind rund drei Prozent. Allerdings machen von diesen 7000 Arten nur 150 Arten, das sind nur 0,06 Prozent der vorhandenen Pflanzenarten, 90 Prozent der Ernährung aus. Von nur 30 dieser 150 Arten stammen 95 Prozent aller pflanzlichen Lebensmittel, und von diesen decken drei Arten, Weizen, Reis und Mais, etwa die Hälfte unserer Ernährung. Viele Kulturpflanzen-Arten sind gefährdet oder bereits ausgestorben

Doch nicht nur in der geringen Anzahl von genutzten Arten zeigt sich die knappe Basis unserer Lebensgrundlage. Bei wild lebenden Tieren und Pflanzen bilden die einzelnen Arten lokale Rassen und räumlich getrennte Unterarten aus, die jeweils die Anpassung einer Population an die besonderen Bedingungen des jeweiligen Lebensraumes darstellen. In der gleichen Weise haben die Menschen in Jahrtausenden aus den wilden Arten nicht den Mais, den Reis oder den Weizen gezüchtet, sondern eine kleinräumige und lokal angepasste Vielfalt von Mais-, Reis und Weizensorten. Jede dieser

Zuchtsorten bringt auf ihrem jeweiligen Standort einen möglichst hohen Ertrag, weil sie an die besonderen Bedingungen angepasst ist.

Diese Vielfalt ist bedroht. Existierten noch im vorigen Jahrhundert etwa 10 000 Weizensorten, so ist die Anzahl innerhalb von 20 Jahren auf nur noch 1000 zurückgegangen. Auf Sri Lanka gab es 2000 Reissorten, heute sind es nur noch fünf, und 75 Prozent aller landwirtschaftlich relevanten Reissorten stammen inzwischen von einer einzigen Mutterpflanze ab. Die gesamte Sojaproduktion in den USA beruht auf nur sechs Pflanzenindividuen eines Standorts in Asien. Die Liste lässt sich fast beliebig fortsetzen.

Diese genetische Armut und Abhängigkeit ist gefährlich. Welche Folgen sie hat, kann man in den Geschichtsbüchern studieren. Die Abhängigkeit Irlands von wenigen Kartoffelsorten führte 1840, als die Kartoffelfäule nach Europa kam, zur großen Hungersnot mit einer Million Todesopfern und zu einer Auswanderungswelle. In den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts vernichtete eine Viruskrankheit fast ein Viertel der asiatischen Reisproduktion. Daraufhin wurden 6273 Reissorten auf ihre Resistenz gegen das Virus getestet. Das Internationale Reisforschungszentrum (IRRI) auf den Philippinen hatte zum Glück in ihrer Gendatenbank die einzige gegen diesen Virus resistente wilde Reissorte aufbewahrt. Sie war bis dahin nicht kommerziell genutzt worden. Diese konnte erfolgreich eingekreuzt werden. Die resistente Sorte war vom IRRI an nur einer Stelle in einem Tal gefunden worden, das kurz danach für ein neues Wasserkraftwerk überflutet wurde. Ebenfalls zu Beginn der siebziger Jahre vernichtete Blattpilzbefall Maisfelder in den USA von den Großen Seen bis zum Golf von Mexiko und zerstörte etwa 15 Prozent der Ernte, in einigen Bundesstaaten sogar die Hälfte. Der Gesamtschaden wurde auf etwa eine Milliarde US-Dollar geschätzt. Die Rettung kam durch einen Wildmais, durch dessen Einkreuzen ein gegen den Pilz resistenter Mais gezüchtet werden konnte.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Variantenreichtums derartiger Vielfaltszentren wurde deutlich, als der mexikanische Botaniker Rafael Guzman 1977 eine wilde Maissorte entdeckte: Die bereits ausgerottet geglaubte *Zea diploperennis* ist immun gegen mindestens vier schwere Maiskrankheiten, die zusammen jährlich ein Prozent der Maisernte weltweit vernichten und einen jährlichen Schaden von 500 Millionen US-Dollar verursachen. Das bekannte Vorkommen der Pflanze beschränkt sich auf eine Fläche von der Größe eines Fußballfeldes im Staat Jalisco im Westen Mexikos. In den USA brachte das genetische Material von Wildpflanzen allein für den Anbau von Sojabohnen und Mais einen Mehrwert von 10,2 Milliarden US-Dollar, und das genetische Material wilder Toma-

ten erhöhte den jährlichen Umsatz im Tomatenanbau um acht Millionen US-Dollar.

Die US-amerikanische Regierung schätzt, dass ein einprozentiger Zuwachs der Erntemenge bei einer der wichtigsten Anbauarten einen volkswirtschaftlichen Gewinn von einer Milliarde US-Dollar abwirft.

Auch in Europa schreitet die Verarmung der genetischen Vielfalt der Pflanzen voran. So sind in Deutschland bereits 90 Prozent der genetischen Variabilität des Getreides durch die Einführung weniger Hochleistungsrasen verschwunden, im südlichen Italien rund 75 Prozent. Entsprechendes gilt für alle gehandelten Nahrungs- und Nutzpflanzen. Dabei zeigt eine Zusammenstellung der Welternährungsorganisation FAO, dass in Deutschland mehr als 1000 kommerziell nutzbare Pflanzenarten existieren.

Es gibt eine ganze Reihe von Studien zum Wert der pflanzengenetischen Ressourcen weltweit, die Schätzungen schwanken zwischen mehreren hundert Millionen bis etwa 800 Milliarden US-Dollar pro Jahr. Dazu kommt ganz aktuell ein weiterer Nutzen der genetischen Vielfalt der Kulturpflanzen. Die Variationsbreite ermöglicht es, Kulturpflanzen zu züchten, die den bevorstehenden klimatischen Veränderungen angepasst sind. Auf diese Weise kann zu erwartenden Missernten vorgebeugt werden. Um der genetischen Verarmung entgegenzuwirken, wurden von den wichtigsten Nutzpflanzen – und auch vielen anderen Pflanzenarten – Saatgutbanken angelegt und die Technik der Präzisionszucht (Smart Breeding) entwickelt, bei der das genetische Material der Pflanzen genetisch analysiert und passendes Erbgut gekreuzt wird. Den Pflanzen werden dabei keine artfremden Gene in die DNA eingebaut. Weltweit werden 6,2 Millionen Proben von 80 verschiedenen Nutzpflanzen als Samen, Stecklinge oder Anpflanzungen in 1320 Saatgutbanken aufbewahrt. Im Internationalen Kartoffelzentrum in Lima werden allein über 5000 Sorten Kartoffeln mit all ihren Formen, Größen, Farben, Schalen, Konsistenzen und Geschmacksrichtungen archiviert.

Bei den Nutztieren ist die Entwicklung entsprechend. Weltweit sind in den letzten 100 Jahren von den bekannten 6400 Nutztierarten etwa 1000 ausgestorben, und nur von 39 Prozent aller Rassen kann mit Sicherheit gesagt werden, dass sie nicht gefährdet sind. Allein in Bayern gab es gegen Ende des 19. Jahrhunderts 35 Rinderrassen, heute sind es noch fünf. Deutschlandweit machen zwei Rinderrassen, Holstein Schwarzbunte und Fleckvieh, 81 Prozent des gesamten Rinderbestandes aus. Nicht nur durch den Rückgang der vielen unterschiedlichen Rassen, sondern auch durch die modernen Zuchtmethoden der künstlichen Besamung und des Em-

bryotransfers kommt es zu einer genetischen Verarmung, da die genetische Linie der Leihmütter von der Nachzucht ausgeschlossen wird. Ähnlich sieht es bei anderen Tierarten aus: Bei den Schweinen sind von 333 Rassen in Europa bereits 105 ausgestorben, mehr als 100 weitere Arten gelten als gefährdet oder hochgradig gefährdet. Die drei Rassen Pietrain, Deutsches Edelschwein und Deutsche Landrasse machen 93,7 Prozent des gesamten Bestands in Deutschland aus. Bei den Hühnern findet nur noch eine als Weiße Leghorn bezeichnete Rasse Verwendung.

Durch die industrialisierte Form der Landwirtschaft werden die genetischen Grundlagen der Nutztiere und -pflanzen wesentlich verringert. Die Hochleistungsrasen, die überall auf der Welt verwendet werden, haben nur eine sehr schmale genetische Basis. Damit verschwinden weniger leistungsfähige alte Rassen nicht nur vom Markt, sondern mit ihnen sterben auch die in Jahrhunderten gezüchteten genetischen Anpassungen aus. Zugleich nimmt die Zahl ihrer wilden Verwandten durch die Veränderungen der Landschaft und der Ökosysteme ab, was zu einer zusätzlichen Verarmung des genetischen Potenzials führt.

## NATURGEMÄSSE LANDWIRTSCHAFT IST DAS GEBOT DER STUNDE

Jede Lebensmittelherzeugung hat Auswirkungen auf die Umwelt, die wiederum die Lebensgrundlagen des Menschen betreffen können. Deshalb ist naturgemäße Landwirtschaft ein Gebot. Auf dem Weg dorthin gibt es fließende Übergänge von der industrialisierten Landwirtschaft, die in Europa durch Vorgaben der Europäischen Union schrittweise naturverträglicher ausgestaltet wird („gute fachliche Praxis“ als Voraussetzung für Fördermittel), über die integrierte Produktion bis hin zum zertifizierten biologischen Landbau, der weltweit im Dachverband „International Federation of Organic Agriculture Movements“ (IFOAM) organisiert ist.

Landwirtschaft hat Auswirkungen auf den Ressourcen- und Energieverbrauch, das Klima und auf die Boden- und Wasserqualität sowie auf das Landschaftsbild und die ökonomischen Beziehungen zwischen Stadt und Umland. Bei einer ganzen Reihe dieser Auswirkungen weisen naturverträglichere Produktionsformen deutliche Vorteile auf. Allerdings müssen diese Vorteile gegen die Auswirkungen aufgewogen werden, die eine ökologisch ausgerichtete Landwirtschaft auf die Welternährungslage hat.

Eine Auswertung von 293 Studien weltweit zeigt, dass in Ländern mit intensiver Landwirtschaft der biologische Landbau im Mittel bei tierischen und pflanzlichen Produkten 92 Prozent der konventionellen Bewirtschaf-

tung erbrachte. In den Entwicklungsländern lagen die Erträge des ökologischen Landbaus gegenüber der konventionellen Landwirtschaft bei 174 Prozent. Die Autoren folgern daraus, dass bei gleich bleibender Fläche der Ökolandbau im weltweiten Durchschnitt mehr Nahrungsmittel produzieren kann als der konventionelle Landbau. Für Deutschland, wo eine sehr intensive Produktionsweise vorherrscht, sieht die Situation anders aus. Zur Erzeugung der derzeit in Deutschland verbrauchten Nahrungskalorien wird eine Fläche von 17,2 Millionen ha Land benötigt, was in etwa auch der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands entspricht. Eine komplette Umstellung auf ökologischen Landbau würde einen etwa 24 Prozent höheren Flächenbedarf bedeuten. Um den Nahrungsmittelbedarf mit ökologischen Lebensmitteln auf der gleichen Fläche ohne Importe zu gewährleisten, wäre eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten notwendig: Da die Erzeugung tierischer Nahrungsmittel deutlich mehr Fläche braucht, sollten nur 24 Prozent statt bislang 39 Prozent der Nahrungskalorien aus tierischen und dafür 76 Prozent statt 61 Prozent aus pflanzlichen Lebensmitteln stammen,

Der Anteil der durch Ökolandbau bewirtschafteten Fläche hat in den letzten Jahren eine große Steigerung erfahren. 2007 wurden weltweit 32,2 Millionen ha mit Verfahren des zertifizierten ökologischen Landbaus bewirtschaftet, der globale Markt für Bio-Produkte hatte einen Gesamtumsatz von 46 Milliarden US-Dollar. In Deutschland lag der Umsatz von Bio-Lebensmitteln im Jahr 2007 bei 5,3 Milliarden Euro, 1997 waren es erst 1,48 Milliarden Euro. Der Bio-Anteil am gesamten Lebensmittel-Inlandmarkt beträgt aktuell 3,1 Prozent, in der Schweiz und in Österreich liegen die Anteile bereits bei 4,6 resp. 5,3 Prozent. Der Anteil der biologisch bewirtschafteten Fläche an der gesamten Landwirtschaftsfläche beträgt 5,1 Prozent, in Österreich sind es 11,5 Prozent. Bei Obst und Eiern lag der Verkaufsanteil der Bioprodukte in Deutschland 2007 bereits bei etwa 10 Prozent, Tendenz steigend.

## VOM FISCHFANG LEBEN

Fisch ist reich an Eiweiß und Nährstoffen, an Mineralien, essenziellen Fettsäuren und Proteinen. Er macht etwa 15,5 Prozent der weltweiten tierischen Eiweißversorgung aus und versorgt etwa 2,8 Milliarden Menschen mit mindestens 20 Prozent ihres Proteinbedarfs. In vielen, vor allem ärmeren Ländern der Küstenzonen ist er für ca. eine Milliarde Menschen ein wichtiger Teil der menschlichen Ernährung, in Ländern wie Bangladesch, Indonesien, Senegal, Sierra Leone oder Sri Lanka decken Fisch und andere Meerestiere wie Muscheln und Krebstiere die Hälfte des gesamten Bedarfs an tierischen Proteinen, und in manchen Inselstaaten werden bis zu 200 kg Fisch pro Per-

son und Jahr verzehrt. In Asien, speziell in China, Japan und Korea, spielen darüber hinaus die Zucht und Gewinnung von Algen und Seegras eine wichtige Rolle für die Ernährung der Bevölkerung und die lokale Ökonomie.

Prinzipiell können drei Formen der Fischerei unterschieden werden:

1. Die industrielle Fischerei wird von wenigen Menschen mit großen, hochtechnisierten Fangflotten durchgeführt. Sie ist zu einem großen Teil in den Industrienationen angesiedelt und nutzt sowohl Küstenzonen als auch den offenen Ozean und Tiefseebestände.
2. Die kleinräumige kommerzielle Fischerei, die beschäftigungsintensiver ist, mit kleineren Fischkuttern betrieben wird und sowohl den Export als auch lokale Märkte bedient.
3. Die Subsistenzfischerei in den wenig entwickelten Ländern, die überwiegend mit kleinen Booten in Küstennähe stattfindet und hauptsächlich den Eigenbedarf deckt. Überschüsse werden auf lokalen Märkten verkauft, die Fänge sind für die lokale Ernährungssicherheit sehr wichtig.

In der Regel bedeutet die küstennahe Überfischung vor allem den Niedergang der einheimischen Subsistenzfischerei und damit die Verarmung der Bevölkerung. Afrika ist der einzige Kontinent, in dem der Pro-Kopf-Verbrauch an Fisch in den letzten Jahren zurückging – und da Fisch in der Regel das billigste verfügbare tierische Protein liefert, sagt dieser Trend viel über die Ernährungsqualität speziell in den Ländern südlich der Sahara aus. In diesen Ländern sind die Folgen der Überfischung verheerend: So war das Meer vor Somalia einer der reichsten Fischgründe der Region. Nach dem Sturz des Diktators Siad Barre, als die staatlichen Institutionen zusammenbrachen und auch die Küstenwache nicht mehr funktionierte, fischten Trawler aus Asien und Europa die Gewässer leer. Experten der UN stellten fest, dass allein 2005 mehr als 700 Trawler illegal vor der Küste Somalias im Einsatz waren, und schätzten den Schaden auf 250 Millionen Euro pro Jahr. Dies war die Geburtsstunde der Piraterie in Somalia. Sie wird heute von den gleichen Industrienationen teuer bekämpft, deren Fangflotten den Somaliern ihre legale Lebensgrundlage nahmen. Die Situation hat sich bis heute nicht verbessert, denn das Machtvakuum in Somalia besteht weiter, und die illegalen Trawler erhalten gegen die Zahlung von Schutzgeld von lokalen Machthabern die Erlaubnis zum Fischen.

Etwa 25 Prozent der Fischerei in Entwicklungsländern findet in Mangrovenwäldern und in Korallenriffen statt – sie sind besonders artenreich, und

für viele Fischarten sind sie die Kinderstube, in denen die Jungfische in der ersten Zeit Schutz finden. An Korallenriffen hängt das Einkommen von etwa 500 Millionen Menschen. Pro Quadratkilometer Korallenriff können jährlich etwa 15 Tonnen Fisch und andere Meerestiere gewonnen werden. Bei einer nachhaltigen Nutzung können allein in Indonesien 262 Millionen Euro Gewinn erzielt und 10 000 Fischer beschäftigt werden. Ein UNEP-Report beziffert den jährlichen Wert der Riff-Fischerei auf 15 000 bis 150 000 US-Dollar pro Quadratkilometer, im gesamten Südostasien auf 2,5 Milliarden US-Dollar, in der Karibik auf 310 Millionen US-Dollar.

Fischerei ist auch heute noch überwiegend Entnahme aus der Natur. 1996 wurden insgesamt 121 Millionen Tonnen Fische, Krebstiere und Weichtiere gefangen, davon 87,1 Millionen Tonnen aus dem Meer und 7,5 Millionen Tonnen aus dem Süßwasser, die restlichen 26,4 Millionen Tonnen aus Zuchtbetrieben. Damit machten die Zuchtbetriebe etwa 21 Prozent des gesamten Ertrages aus. Zu den gefangenen Tieren müssen etwa 25 Millionen Tonnen nicht verwertbare Fische gerechnet werden, die als sogenannter Beifang in das Meer zurückgeworfen werden, aber nur noch zum Teil lebensfähig sind, und die kaum erfassbare Kleinfischerei der Subsistenzwirtschaft. Geschätzt wird, dass die gesamte gefangene Menge bei etwa 150 Millionen Tonnen im Jahr liegen dürfte. Das entspricht weitgehend dem Produktionspotenzial der Ozeane, eine nachhaltige Steigerung der Fischerei dürfte in Zukunft kaum möglich sein.

## NATÜRLICHE GESUNDHEITSVERSORGUNG

Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass in manchen asiatischen und afrikanischen Ländern 80 Prozent der Bevölkerung auf traditionelle Formen der Medizin, meistens auf der Basis von Heilpflanzen, angewiesen sind. Es gibt eine ganze Reihe traditioneller Medizinsysteme, wie die Traditionelle Chinesische Medizin TCM, indisches Ayurveda, die arabische Unani-Medizin, aber auch zahlreiche indigene Medizin-Systeme aus asiatischen, afrikanischen, arabischen, ozeanischen, nord- und südamerikanischen Kulturen. In Afrika benutzen etwa 80 Prozent der Bevölkerung überwiegend traditionelle Behandlungsmethoden, in China umfasst die traditionelle Medizin 40 Prozent des gesamten Gesundheitswesens und kommt bei etwa 200 Millionen Patienten pro Jahr zur Anwendung. Ähnliche Zahlen werden für Chile und Kolumbien berichtet. In Tansania, Uganda und Sambia gibt es einen Mediziner pro 200–400 Einwohner, aber nur einen westlich ausgebildeten Arzt auf etwa 20 000 Einwohner.

Untersuchungen aus dem Malaria-Bekämpfungsprogramm 1998 zeigten,

dass in Ghana, Mali, Nigeria und Sambia mehr als 60 Prozent aller infizierten Kinder zu Hause mit einheimischen Medizinalpflanzen behandelt wurden, da diese in ländlichen Regionen am einfachsten verfügbar und am billigsten sind. Hinzu kommt, dass die einheimischen Mediziner mit ihrer Expertise in den lokalen Gemeinschaften gut bekannt sind. Zugleich ist die traditionelle Medizin oft in ein größeres Glaubenssystem eingebettet und dadurch ein integraler Teil des Alltags. Aus diesem Grund sucht beispielsweise UNAIDS die Zusammenarbeit mit einheimischen Medizinern in der Aids-Prävention. Bei vielen Völkern besitzen die Lebensräume neben dem materiellen auch einen kulturellen und spirituellen Wert. Die Existenz und das Wohlbefinden dieser Völker hängt nicht nur von den materiellen Erträgen und Leistungen ihres Lebensraumes ab, sondern auch von ihrer kulturellen und sozialen Anpassung an den Lebensraum, Gegebenheiten, die sich einer monetären Wertung weitgehend entziehen.

### Zum Weiterlesen

Bundesrepublik Deutschland (1995): *Country Report to The FAO*

International Technical Conference on Plant Genetic Resources. Prepared by National Committee for the Preparation of the 4th International Technical Conference on Plant Genetic Resources, Bonn, <http://www.fao.org/ag/AGP/agps/PGRFA/pdf/germany.pdf>

CBD (2001): *The Value of Forest Ecosystems. CBD Technical Series No. 4*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, [www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-04.pdf](http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-04.pdf)

Institut für Wirtschaftsforschung, Öko-Institut e. V.; Schweisfurth-Stiftung, Freie Universität Berlin, Landesanstalt für Großschutzgebiete (Hg., 2004): *Agrobiodiversität entwickeln!*

*Handlungsstrategien für eine nachhaltige Tier- und Pflanzenzucht*. Endbericht. Berlin Kaimowitz D, Sheil D (2007): *Conserving What and for Whom? Why Conservation Should Help Meet Basic Human Needs in the Tropics*. In: *Biotropica*, Vol. 39, Issue 5, pp. 567-574

Pauly D, Watson R, Alder J (2005): *Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security*. In: *Philosophical Transactions of The Royal Society: Biological Sciences*, Vol. 360, pp. 5-12

Rosegrant M W, Kline S A (2003): *Global Food Security: Challenges and Policies*. In: *Science*, Vol. 302, pp. 1917-1919

WHO (2008): *Traditional medicine. WHO Fact sheet N°134*, revised December 2008, [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/en/)

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

# Die Potenziale nachhaltigen Wirtschaftens

Der Erhaltung der Biodiversität als Bestandteil des sogenannten Naturkapitals kommt ein immer größeres Gewicht zu. Während in der neoklassischen Theorie die Ansicht vertreten wurde, Naturkapital ließe sich prinzipiell durch von Menschen gemachtes Kapital ersetzen (Konzept der „schwachen“ Nachhaltigkeit), setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, dass Biodiversität ein unersetzlicher Bestandteil des Naturkapitals ist (Konzept der „starken“ Nachhaltigkeit). Eine umfassende Schätzung des Werts der Biodiversität fällt aufgrund ihrer Komplexität selbstverständlich schwer. Allein der jährliche Marktwert der aus den genetischen Ressourcen abgeleiteten Produkte wird auf 500 bis 800 Milliarden US-Dollar geschätzt.

Viele Einkommen und Arbeitsplätze in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Betrieben der Weiterverarbeitung und Distribution hängen direkt oder indirekt von intakten Ökosystemen ab. Die Natur liefert Leistungen, die ohne sie mit erheblichem Aufwand und zu sehr hohen Kosten technisch erbracht werden müssten: Je größer die natürliche Bodenfruchtbarkeit, desto weniger Dünger muss aufgebracht werden. Ohne ausreichende Vielfalt bei den tier- und pflanzen genetischen Ressourcen ist das Züchtungspotenzial eingeschränkt. Ohne biologische Kreisläufe steigt der Aufwand für den Pflanzenschutz enorm. Technisch überhaupt nicht zu leisten ist ein gleichwertiger Ersatz für die Bestäubung der Kulturpflanzen durch Insekten. Dies sind nur einige Beispiele, wie Naturressourcen und natürliche Kreisläufe die Wertschöpfung beeinflussen.

## VIelfÄLTIG, NACHHALTIG, FAIR – EINE LANDWIRTSCHAFT MIT MARKTPOTENZIAL

Allein der jährliche Marktwert der aus den genetischen Ressourcen abgeleiteten Produkte wird auf 500 bis 800 Milliarden US-Dollar geschätzt. Aber die Vielfalt der Pflanzen ist akut bedroht, denn jeden Tag verschwinden wertvolle Arten für immer (siehe Kapitel „Von der Natur leben“). Auf der arktischen Insel Spitzbergen entsteht deshalb ein gigantisches Saatgut-Lager, das „Arctic Seed Vault“. Das Unternehmen macht deutlich, wie wichtig der Erhalt der Pflanzenvielfalt ist und welcher Aufwand betrieben wird, um alle noch vorhandenen Samen unserer Kulturpflanzen für die Ewigkeit in einer Samen-Datenbank zu bewahren. So ist das einzige Wildkaffee-Vor-

kommen im Hochland Äthiopiens nach einer Schätzung von Wissenschaftlern der Universität Bonn ein bis zwei Milliarden US-Dollar wert.

Eine verbesserte Wertschöpfung in der Landwirtschaft kann einerseits über eine industrialisierte Form der Erzeugung, andererseits aber auch über kürzere Produktketten, direkte Vermarktungswege sowie neue Produkte und Kooperationen erreicht werden. Der zweite Weg eignet sich insbesondere für den Sektor der biologischen Land- und Lebensmittelwirtschaft. 2007 stieg die ökologisch bewirtschaftete Fläche gegenüber dem Vorjahr weltweit um 1,5 Millionen Hektar auf mehr als 32 Millionen Hektar. Die größte Biofläche befindet sich in Australien mit 12 Millionen Hektar, gefolgt von Argentinien mit 2,8 Millionen Hektar und Brasilien mit 1,8 Millionen Hektar. Spitzenreiter in der biologischen Landwirtschaft sind Österreich mit einem Anteil an der gesamten Landwirtschaftsfläche von 13,4 Prozent und die Schweiz mit einem Anteil von 11 Prozent. Der globale Markt für Bioprodukte wird vom Marktforschungsunternehmen Organic Monitor für das Jahr 2007 mit 46 Milliarden US-Dollar beziffert. Studien in China, Indien sowie in sechs lateinamerikanischen Ländern zeigen zudem, dass Landwirte nach der Umstellung auf ökologischen Landbau höhere Einkommen erzielten und einen besseren Lebensstandard erreichten. Sehr häufig ist dabei die Einführung von Mischfruchtanbau an Stelle von Monokulturen ein wesentlicher Faktor für die Erfolgsbilanz.

In Deutschland schaffen ökologisch wirtschaftende Betriebe ca. 30 Prozent mehr Arbeitsplätze als ihre konventionellen Vergleichsbetriebe. Damit schafft der ökologische Landbau allein auf der Erzeugerebene derzeit etwa 9000 zusätzliche Arbeitsplätze in der Landwirtschaft. Das Öko-Institut ermittelte für den Zeitraum 1994 bis 2000 im ökologischen Anbau eine Zunahme von 19000 auf 30000 Beschäftigte. Für das Wirtschaftsjahr 2007/08 konnten Bilanzen von 374 ökologisch wirtschaftenden Haupterwerbsbetrieben ausgewertet werden. Im Durchschnitt dieser Betriebe nahmen die Gewinne gegenüber dem Vorjahr um 11,3 Prozent auf 57826 Euro zu. Damit erzielten sie um 8,5 Prozent höhere Gewinne als die Vergleichsgruppe von ähnlich strukturierten konventionell wirtschaftenden Betrieben. Der Gewinn plus Personalaufwand (Einkommen) lag beim ökologisch wirtschaftenden Betrieb trotz der höheren Arbeitsintensität und der damit verbundenen höheren Lohnkosten mit 25949 Euro pro Arbeitskraft um 20 Prozent höher als in konventionellen Betrieben.

Dazu kommen fast doppelt so hohe Produktpreise bei Getreide und um 21 Prozent höhere Milchpreise, denn auch auf der Nachfrageseite ist der Trend eindeutig: Der Absatz an Lebensmitteln aus ökologischem Anbau in

Deutschland erhöhte sich von 1,48 Milliarden Euro im Jahr 1997 auf rund 5,5 Milliarden Euro im Jahr 2007 und stieg 2008 nochmals auf etwa 5,8 Milliarden Euro an. Der Marktführer, das Naturkost-Handelsunternehmen Alnatura, wuchs stärker als der Gesamtmarkt und schloss das Jahr 2008 mit einem Umsatz von 304 Millionen Euro und einer Steigerung von 24 Prozent gegenüber dem Vorjahr ab.

Von der Direktvermarktung bis zur industriellen Erzeugung von Convenience-Food hat die ökologische Landwirtschaft alle Verarbeitungswege ihrer Produkte erobert. Regionale Spezialitäten bilden eigene (Nischen-) Märkte im Hochpreissegment, dabei wird oft auf ökologisch wertvolle Tier- und Pflanzenarten sowie Anbauweisen zurückgegriffen. Aufgrund der großen Zahl verschiedener Produkte ist keine generelle Marktabschätzung möglich. Allein die Direktvermarktung in der Landwirtschaft (ohne Wein) wird jedoch auf drei bis 3,5 Milliarden Euro Umsatz pro Jahr geschätzt, wobei der Öko-Anteil 15 bis 20 Prozent beträgt. Die direkt vermarkteten Produkte haben einen Anteil von über zehn Prozent am Produktionswert der Landwirtschaft von rund 30 Milliarden Euro.

Auch im sogenannten Fairen Handel, der vor allem für die Produzenten in den armen Ländern ein wichtiger Teil ihrer lokalen Ökonomie ist, spielen ökologische Kriterien eine immer größere Rolle. Mit der Einführung des Fairtrade-Siegels zu Beginn der 1990er Jahre und der Professionalisierung der Vermarktungsstrategien gelang der Sprung aus der Nische der Dritte-Welt-Läden in die Supermärkte. Seit 2000 wächst der Umsatz mit gesiegelten Produkten sehr stark an. Allein von 2006 auf 2007 konnte das Einzelhandelsvolumen mit Fairtrade-Produkten weltweit von rund 1,62 auf 2,38 Milliarden Euro gesteigert werden, das ist ein Plus von 47 Prozent. In Deutschland betrug die Steigerung 23 Prozent, in Endverkaufspreisen erwarben die Konsumenten 2007 fair gehandelte Waren im Wert von 193 Millionen Euro.

Einen eigenen Markt bilden die industriellen Rohstoffe aus der landwirtschaftlichen Primärproduktion. Rund ein Viertel aller in Deutschland angebauten nachwachsenden Rohstoffe wird derzeit stofflich genutzt, zudem etwa drei Viertel des deutschen Rohholzes. Allein mit der stofflichen Verwertung nachwachsender Rohstoffe waren 2004 in Deutschland geschätzte 130 000 Arbeitsplätze verbunden, insgesamt werden dafür 250 000 Hektar landwirtschaftliche Fläche genutzt. Die wichtigsten Industrieprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen sind Zellulose und Naturfasern, Grundstoffe für Lacke, Harze, Farben und andere Polymerchemikalien, Öle, Fette, Proteine, Stärke und andere Zuckerpolymere, Zucker und Wachse. Die Produkte, die aus ihnen hergestellt werden, reichen von Nah-

rungsmittelzusätzen und Kosmetika über Baustoffe und Biokunststoffe bis hin zu technischen Naturfasern, die beispielsweise im Automobilbau eingesetzt werden. Auch für die Herstellung von Farben, Lacken, Klebstoffen, Tensiden für Wasch- und Reinigungsmittel, Schmierstoffen und Lösungsmitteln werden Ressourcen der Natur benötigt.

## DER NUTZEN DER INSEKTEN

75 Prozent der 115 global bedeutenden Kulturpflanzen sind abhängig von der Bestäubung durch Insekten. Insgesamt befruchten etwa 300 000 verschiedene Tier- und Insektenarten schätzungsweise 80 Prozent der Samenpflanzen. Der ökonomische Wert der Bestäubung der wichtigsten Nahrungspflanzen durch Bienen und andere Insekten wird nach unterschiedlichen Quellen weltweit zwischen 30 und 153 Milliarden Euro geschätzt. Das entspricht bis zu 9,5 Prozent des Gesamtwerts der weltweiten landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion. Auf die Bestäubung sind vor allem die hochwertigeren und vitaminreichen Pflanzen wie Früchte und Gemüse, essbare Ölfrüchte, Nüsse, Kaffee und Kakao angewiesen. Bei ihnen würde ein Verschwinden der bestäubenden Insekten Schäden zwischen 190 und 310 Milliarden Euro anrichten. Allein die Verluste durch das Bienensterben in den USA im Jahr 2007 wurden auf 14 Milliarden US-Dollar beziffert. In Costa Rica wurde der Wert der Bestäuber für eine Kaffeeplantage untersucht: Populationen von bestäubenden Insekten, die in einem nahen Wald leben, konnten die Kaffeeernte in einem Umkreis von einem Kilometer um 20 Prozent steigern, und auch die Qualität des geernteten Kaffees war besser. Das führte zu Mehreinnahmen von 60 000 US-Dollar. Die Nutzung der Waldfläche als Weideland hätte nur ein Einkommen von 24 000 US-Dollar pro Jahr erbracht.

Weltweit werden Nutzinsekten zur biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Florfliegen, Gallmücken und Marienkäfer machen Blattläusen den Garaus, Raubmilben und Erzwespen vertilgen Spinnmilben und die weiße Fliege. In geschlossenen „Ökosystemen“ wie dem „Unter-Glas-Anbau“ vieler Gemüse- und Zierpflanzenkulturen hat sich der gezielte Einsatz von Nützlingen zum Standard im Pflanzenschutz entwickelt. Im Freiland sind die Bedingungen wesentlich komplexer. Ein ausreichender Bestand an Nützlingen fehlt in der Agrarlandschaft oft. Hier können gezielte Maßnahmen helfen – indem etwa für die Nützlinge alternative Nahrungsquellen, Überwinterungs- und Rückzugshabitat bereitgestellt werden. Flächen mit hoher Diversität an Pflanzenarten wie extensiv genutzte Wiesen, Blühstreifen oder Hecken stellen solche Ressourcen dar.

## LANDWIRTSCHAFT LEBT AUCH VON DER LANDSCHAFTSPFLEGE

Landschaftspflege ist als gesellschaftlich erwünschte Dienstleistung ein eigenständiger Erwerbszweig in der Landwirtschaft. Seit 1992 sind Agrarumweltprogramme Bestandteil der EU-Agrarpolitik. Landwirte erhalten für Landschaftspflege- und Naturschutzmaßnahmen Ausgleichszahlungen. Gefördert wird zum Beispiel die Mahd artenreicher Wiesen, die Anlage von Blühstreifen am Ackerrand, der Erhalt von Streuobstwiesen und der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel. In manchen Gebieten stellen diese Programme eine erhebliche Einkommensquelle für die Betriebe dar. In der Landschaftspflege arbeiten in Deutschland über 20 000 Landwirte mit mittlerweile 138 Landschaftspflegeverbänden zusammen. Im Biosphärenpark Elbtalau beispielsweise erwirtschafteten die Landwirte mit ihren Leistungen für den Vertragsnaturschutz ca. elf Millionen Euro in sechs Jahren.

Betrachtet man den Markt für Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege allerdings genauer, so ergibt sich ein sehr differenziertes Bild. Neben der von der Gesellschaft bezahlten Dienstleistung lässt sich unter Umständen eine weitere ökonomische In-Wert-Setzung der Landschaftspflege erreichen. Dies ist jedoch abhängig von verschiedenen Faktoren, wie den regionalen Bewirtschaftungsbedingungen und der Möglichkeit der Nutzung von Koppelprodukten, d. h. der Kombination der Landschaftspflege mit der Vermarktung spezieller landwirtschaftlicher (Nischen- und Hochpreis-)Produkte.

Ein weiterer ökonomischer Effekt der Landschaftspflege ist die durch sie ausgelöste Nachfrage nach Spezialmaschinen (z. B. zum Mähen und Mulchen, zum bodenschonenden Befahren von Feuchtfeldern oder zur mechanischen Beikrautkontrolle). Für deren Anschaffung gibt es in der europäischen Agrarförderung einen eigenen Fördermittelantrag.

## FORSTWIRTSCHAFT – DIE VERKANNTTE ÖKONOMISCHE GRÖSSE

Neben den Korallenriffen sind die Wälder die Regionen der Erde mit der größten biologischen Vielfalt. Damit sind beide nicht nur einzigartige Lebensräume, sie sind zugleich auch bedeutende natürliche Ressourcen wirtschaftlicher Prosperität. Weltweit ist der Wald für 1,8 Milliarden Menschen Lebensgrundlage, und mindestens 10 Millionen Menschen sind im Forstsektor tätig. Die Forstindustrie hatte 2006 einen Umsatz von 468 Milliarden US-Dollar, was etwa ein Prozent des globalen Bruttosozialprodukts ausmacht. Weltweit werden ca. 13 000 Nutzholzarten als Bau-

Möbel-, Industrie- und Brennholz verwendet. Der Wert des global gehandelten industriellen Rundholzes und Brennmaterials wurde 2005 auf 72,325 Milliarden US-Dollar geschätzt.

Deutschland ist eines der walddreichen, aber auch der bevölkerungsreichen Länder der Europäischen Union. Rund 11,1 Millionen Hektar, also knapp ein Drittel der Gesamtfläche, sind mit Wald bedeckt. Die Waldfläche hat in den letzten zwanzig Jahren leicht zugenommen, die Kriterien einer nachhaltigen Waldwirtschaft werden erfüllt. In Deutschland hatte Ende 2003 der gesamte Holzvorrat „auf dem Stamm“ ein Volumen von 3,1 Milliarden Kubikmetern und einen geschätzten Wert von 72,7 Milliarden Euro. Das Holzeinschlagspotenzial wird derzeit zu etwa 67 Prozent ausgeschöpft. Die Forst- und Holzwirtschaft ist ein bedeutender Wirtschaftssektor mit rund einer Million Arbeitsplätzen und 100 Milliarden Euro Jahresumsatz. Insgesamt werden vom deutschen Wald neun Millionen Hektar durch etwa 28 000 Forstbetriebe und 1,5 Millionen Hektar durch etwa 230 000 landwirtschaftliche Betriebe bewirtschaftet, hinzu kommen noch die nachgelagerte verarbeitende Industrie und das Handwerk.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2004) liefert die Forstwirtschaft mit 0,1 Prozent nur einen geringen Beitrag zur gesamten Bruttowertschöpfung. Dieser Anteil erhöht sich auf 2,5 Prozent, wenn man die nachgelagerten Produktionsbereiche (Holzgewerbe, Papiererzeugung, Möbelherstellung) hinzurechnet. Doch werden die Erhebungsmethoden des Bundesamtes von Fachleuten angezweifelt. Diese gehen stattdessen von sogenannten Cluster-Studien aus. In ihnen fassen sie Betriebe der Forst- und nachgelagerten Holzwirtschaft sowie weitere produzierende und verarbeitende Industriezweige wie die Papierindustrie und das Druck- und Verlagsgewerbe, die auf Holz als Rohstoff angewiesen sind, aber auch Zulieferer oder im Holz- und Holzprodukte-Transport arbeitende Unternehmen als „Cluster Forst und Holz“ zusammen. Auf Basis dieser Erhebungsmethode kommen sie zu dem Ergebnis, dass dieser Cluster ca. 185 000 Betriebe mit über 1,3 Millionen Beschäftigten und einem Umsatz von ca. 181 Milliarden Euro umfasst. Er weist demnach mehr Beschäftigte und einen größeren Umsatz auf als z. B. der Maschinenbau mit etwa 870 000 Beschäftigten und 142,7 Milliarden Euro Umsatz, die Elektroindustrie mit etwa 810 000 Beschäftigten und 162,8 Milliarden Euro Umsatz und die chemische Industrie mit etwa 460 000 Beschäftigten und 135,8 Milliarden Euro Umsatz.

Demnach sind die Forstwirtschaft und die Holzindustrie weitaus relevanter, als es die öffentliche Wahrnehmung und die Prioritäten der Wirtschaftspolitik nahelegen. Diese Unterschätzung hat vor allem deshalb

Bedeutung, weil von den volkswirtschaftlichen Kennziffern in der Regel staatliche und europäische Förderungen abhängen.

Holznutzung und Holzverarbeitung finden im ländlichen Raum und in strukturschwachen Gebieten statt und sind dort ein wichtiger wirtschaftlicher und strukturpolitischer Faktor. Die Holzwirtschaft besteht, neben einigen Großunternehmen der Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie, weitgehend aus mittelständischen Betrieben, größtenteils handelt es sich um inhabergeführte Familienunternehmen.

### NEUE MÄRKTE FÜR NATURNAHE HOLZWIRTSCHAFT

Die Waldfläche der Erde beträgt 3,87 Milliarden Hektar, jährlich verschwinden ca. 16 Millionen Hektar naturnahen Waldes durch Abholzung. Viele Wälder werden übernutzt, und deren biologische Vielfalt wird zerstört. Allein zehn Prozent des jährlichen Handelsvolumens von Nutzholz – das entspricht einem Wert von 122 Milliarden Euro – stammen schätzungsweise aus illegalem Einschlag. Der Raubbau bedroht auch Arbeitsplätze und eine nachhaltige Wertschöpfung durch eine naturverträgliche Nutzung des Reichtums der Wälder. Um dem kurzfristigen ökonomischen Vorteil des Raubbaus, aber auch um den fatalen Folgen einer einseitig am Profit ausgerichteten Monokultur-Wirtschaft wirksam entgegenzutreten zu können, müssen neue Märkte für naturnahe Holzwirtschaft geschaffen werden. Zur Erreichung dieses Ziels haben sich vor allem drei Maßnahmen als wirksam erwiesen: Die ökologische Zertifizierung von Holzprodukten, der Einsatz von bisher kaum genutztem Schwachholz in neuen Heizsystemen und die Agroforstsysteme.

Seit den Orkanshäden Anfang der 1990er Jahre wird ein immer größerer Anteil der 10,8 Millionen Hektar Waldfläche in Deutschland naturnah bewirtschaftet, denn strukturreiche Mischwälder sind stabiler und weniger anfällig gegen Sturm, Käferbefall oder Luftverschmutzung. Die naturnähere Wirtschaftsweise und die größere Vielfalt im Wald rechnen sich. So können schon auf 40 Prozent der deutschen Waldfläche junge Bäume auf natürliche Weise keimen, anstatt aufwendig angepflanzt und eingezäunt zu werden. Der Waldzaun allein kostet schon bis zu 13 Euro pro laufendem Meter – Geld, das durch die naturnähere Wirtschaftsweise eingespart werden kann. Heimische Edelhölzer wie der Speierling oder die Wildkirsche erzielen Preise von bis zu 1000 Euro pro Festmeter, dieser Ertrag liegt weit über den 60 Euro pro Festmeter, den die Fichten-Standardware erbringt.

Die Zertifizierung für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung hat sich mit Zertifizierungssystemen wie dem FSC (Forest Stewardship Council)

zu einem wichtigen ökologischen und ökonomischen Instrument entwickelt. Die internationale nichtstaatliche Organisation FSC wurde 1993 in Toronto gegründet und wird von unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen wie Umweltverbänden, Gewerkschaften, Waldbesitzern und Verbänden der Holzwirtschaft getragen. Weltweit erfüllten Anfang 2009 bereits 113 Millionen Hektar Wald die strengeren FSC-Kriterien für eine nachhaltige Forstwirtschaft. Die 1999 gegründete Pan-European Forest Certification Council (PEFC) wird vor allem von Vertretern der Forstwirtschaft getragen. Derzeit sind weltweit 198,7 Millionen Hektar Wald nach PEFC zertifiziert. Beide Siegel sichern einen gewissen Mindeststandard. Aus Sicht des Naturschutzes ist FSC allerdings gegenüber PEFC nach wie vor ökologisch anspruchsvoller.

Zu den FSC-Standards bekennen sich verschiedene Baumärkte in Deutschland: Bauhaus, OBI, Praktiker, Hornbach, Otto- und Necker-mann-Versand bieten zahlreiche Produkte aus FSC-zertifiziertem Holz an. Nur ein Jahr nach der Markteinführung von Lebensmittel- und Getränkekartons mit dem FSC-Label hat Tetra Pak über 100 Millionen davon verkauft. In England erschienen die ersten gekennzeichneten Verpackungen 2008. Mittlerweile sind sie auch in Italien, Dänemark, Brasilien und den USA erhältlich. Bis 2015 will Tetra Pak sämtliches Verpackungsmaterial aus einer zertifizierten Produktkette gewinnen. FSC-zertifizierter Zellstoff hat einen Anteil von neun Prozent am globalen Markt und immerhin werden 30 bis 40 Prozent aller Wirtschaftswälder zur Zellstoff- und Papierproduktion genutzt.

Für zertifizierte Güter mehr als den üblicherweise gehandelten Preis zu bezahlen, dient nicht nur der Natur, es ist zudem eine Methode, wie deren Wert monetär gemessen werden kann (Discrete-Choice-Methode). Dabei wird angenommen, dass der von den Käufern bezahlte Aufpreis den ökonomischen Wert von Natur und Biodiversität widerspiegelt.

Agroforstwirtschaft ist eine Form der Landnutzung, bei der mehrjährige Holzpflanzen (Bäume, Sträucher, Palmen, Bambus etc.) auf derselben Fläche angepflanzt werden, auf der auch landwirtschaftliche Nutzpflanzen angebaut und /oder Tiere gehalten werden. In den Tropen wird der stockwerkartige Aufbau des Regenwaldes „nachgeahmt“. Öl- und Kokospalmen oder Bäume zur Holznutzung, Kaffeesträucher und Bananen, Getreide- und Hülsenfrüchte werden auf einer Fläche in Mischkultur angebaut und sorgen für eine permanente Bodenbedeckung. Nährstoff- und Wasserkreislauf arbeiten ohne große Verluste durch Mineralisierung oder Auswaschung. Auch ökonomisch sind solche Anbausysteme effizient – sie sichern die Nah-

rungsmittelerzeugung und ermöglichen den Anbau von Verkaufsfrüchten. Die Vielfalt macht unabhängiger vom Weltmarkt. „Landwirtschaft im Regenwald“ nennt sich ein von der Umweltstiftung Euronatur unterstütztes Projekt. Über Schulungen, die Bereitstellung kostenloser Baumsetzlinge und den Aufbau eines Netzwerkes zwischen Wissenschaft und Wirtschaft wurden auf den Philippinen insgesamt 11 000 Hektar Wälder mit landwirtschaftlicher Unternutzung angelegt. Die Bäume können zur Holzgewinnung genutzt werden. Auf der philippinischen Insel Leyte wurde 1800 Hektar Regenwald regeneriert und in eine landwirtschaftliche Regenwaldnutzung überführt. Unter dem Dach der Bäume wächst u. a. die Textilbanane Abaca, deren Fasern im Automobilbau – z. B. im A-Klasse-Coupé der Firma Daimler – Glasfasern ersetzen. Die Vielfalt macht unabhängiger vom Weltmarkt. In Europa verbreitete Agroforstsysteme sind zum Beispiel die Streuobstwiesen oder die Korkeichenwälder (die häufig zusammen mit Pinien oder Olivenbäumen kultiviert werden). Die Korkindustrie ist wirtschaftlich lebenswichtig für den Mittelmeerraum, aus dem mehr als 99 Prozent des weltweiten Korkbedarfs kommen. Der wichtigste Teil des Korkmarktes ist die Produktion von Flaschenkorken, von denen allein der internationale Weinmarkt jährlich 15 Milliarden benötigt. Dies entspricht ca. 80 Prozent der Korkernte. Andere Korkprodukte wie Fliesen, Dämmstoffe und Produkte für industrielle Anwendungen werden fast zur Gänze aus Recyclingmaterial der Korkstopfelproduktion gewonnen. Allein in Portugal, dem Hauptproduzenten von Kork, hängen etwa 900 Unternehmen an der Korkproduktion, und der Export von Korkprodukten machte 2002 etwa zwölf Prozent des Gesamtexports und drei Prozent des BIP von Portugal aus.

Weitere Produkte des Waldes sind die sogenannten Non Timber Forest Products (NTFP), d. h. alle Produkte, die nichts mit dem Holz der Bäume zu tun haben. Sie haben besonders für die lokalen Ökonomien eine wichtige Bedeutung. Zu ihnen gehören

- Nahrungsmittel wie z. B. Pilze – eines der bekanntesten Beispiele – oder andere essbare Pflanzen wie Beeren, Nüsse, wilde Zwiebeln, Kräuter und Gewürze;
- Medizinalpflanzen und diätetische Nahrungsergänzungstoffe (siehe Kapitel 2 und 3);
- Blumen sowie Pflanzen und Pflanzenteile, die frisch oder getrocknet meist für dekorative Zwecke genutzt werden (auch Moose, Zweige, Ranken, Misteln u. v. m.);
- spezielle Holzprodukte wie Behältnisse, Musikinstrumente, Schnit-

zereien u. v. m., die zwar das Holz der Bäume als Grundlage haben, für die die Bäume aber nicht im Ganzen gefällt werden müssen.

Insgesamt gibt es etwa 150 NTF-Produkte, die international gehandelt werden. Weil ihre Wertschöpfung im hohen Maße lokal und regional erfolgt und damit nicht in die internationalen Handelsstatistiken einfließt, lassen sich die NTFP kaum im globalen Maßstab bewerten. Das versteckte Potenzial ist aber gleichwohl groß: Einzelstudien arbeiten entweder mit Hektar-erträgen oder mit einem prozentualen Beitrag zum verfügbaren Haushaltsdurchschnittseinkommen der dort lebenden Familien. Allenfalls lässt sich eine grobe Faustzahl für die ökonomische Bedeutung der NTFP ermitteln, nach der durch diese Produkte etwa 50 bis 70 US-Dollar pro Hektar bzw. 10 bis 50 Prozent des verfügbaren Haushaltseinkommens erwirtschaftet werden können, was für viele Regionen eine zukunftsfähige Perspektive bietet.

#### NEUE WEGE IN DER FISCHEREI-WIRTSCHAFT

94,2 Millionen Tonnen Fische und Meeresfrüchte mit einem Marktwert von 84,9 Milliarden US-Dollar wurden 2005 weltweit gefischt, davon 90 Prozent aus dem Meer und 10 Prozent aus Süßwasser. Den Beifang schätzt die Welternährungsorganisation FAO auf 7,3 Millionen Tonnen, also zusätzlich nochmals etwa acht Prozent der verwertbaren Fangmenge. In den 25 Mitgliedsstaaten der EU sind etwa 230 000 Menschen direkt in der Fischerei beschäftigt. Weitere 132 000 Arbeitsplätze finden sich in der fischverarbeitenden Industrie. Deren Umsatz betrug 2003 14,3 Milliarden US-Dollar. In Deutschland hängen 4500 Jobs direkt am Fischfang und weitere 45 000 Arbeitsplätze sind bei der fischverarbeitenden Industrie, dem Handel und der Gastronomie angesiedelt.

Die größte volkswirtschaftliche Bedeutung hat der Fischfang in Asien. Von den weltweit 41 Millionen Menschen, die als Fischer arbeiten, kommen 80 Prozent aus dem asiatischen Raum. Allein die Volksrepublik China produziert 49 Millionen Tonnen Fisch jährlich. Das ist der höchste Anteil am Weltaufkommen, wobei aber 32 Millionen Tonnen aus Aquakulturen stammen.

Leider gibt es keine weltweiten Statistiken darüber, wie viele weitere Arbeitsplätze (im Bootsbau, im verarbeitenden Gewerbe, im Transportwesen usw.) von der Fischerei abhängen. Es wird aber ein Verhältnis von eins zu drei geschätzt. Das würde bedeuten, dass weitere 123 Millionen Menschen vom Fischfang abhängig sind. In Afrika z. B. hängen zehn Millionen Arbeitsplätze an der Fischfangindustrie, die jährliche Exporterlöse von 2,15 Milliarden Euro erwirtschaftet.

Die Fangmenge der globalen Fischerei hat sich seit 1949 verfünffacht. An diesem Wachstum hatte die Industrialisierung einen entscheidenden Anteil. Doch die stark subventionierte, industrialisierte Hochseefischerei hat in eine Sackgasse geführt. Die globale Fangmenge hatte ihren Höhepunkt 2004 mit einem Gewicht von 95 Millionen Tonnen und einem geschätzten Verkaufswert von 84,9 Milliarden US-Dollar. Doch seit einem Jahrzehnt stagniert der Fischfang, während die Bestände der Fangfische zurückgehen. Mehr als 75 Prozent der genutzten Fischbestände der Welt haben die Obergrenze der Ausbeutung erreicht, sie sind überfischt, erschöpft oder in der Phase der Erholung. Die Produktionsgrenze der Ozeane ist erreicht. Trotzdem nimmt die Zahl der kommerziell interessanten Fischarten, die überfischt oder bis an die Bestandsgrenzen befischt sind, ständig zu – sowohl in den Küstengewässern als auch auf hoher See und inzwischen sogar bei den Tiefsee-Arten. Dies ist vor allem deshalb alarmierend, weil viele Tiefsee-Arten ein hohes Alter erreichen, sehr geringe Reproduktionsraten aufweisen und erst spät geschlechtsreif werden. Dieser Prozess der Überfischung wurde lange unterschätzt, weil einzelne Länder systematisch zu hohe Fangzahlen meldeten und Verluste in den oberen Wasserschichten durch die Erschließung neuer Fischgründe, insbesondere in der Tiefsee, ausgeglichen wurden. Erst in jüngerer Zeit wird thematisiert, dass sich die Zusammensetzung der gefangenen Arten verändert hat und immer früher in die Nahrungskette eingegriffen wird. Nach einer von der Weltbank und der FAO 2008 veröffentlichten Studie gehen der globalen Fischerei wegen schwindender Fischbestände jährlich mindestens 50 Milliarden US-Dollar (36,6 Milliarden Euro) verloren. Für die vergangenen drei Dekaden summiert sich der wirtschaftliche Verlust auf 2,2 Billionen US-Dollar. Dies entspricht in etwa dem Bruttoinlandsprodukt Italiens. Die Fischereiflotten haben laut FAO und Weltbank zudem enorme Überkapazitäten – bei gesunden Beständen könnte mit halb so viel Aufwand die gleiche Menge gefangen werden. Weite Teile der Fischindustrie überleben nur noch, weil die Politik sie Jahr für Jahr mit über 22 Milliarden Euro Steuergeldern am Leben erhält.

Die Überfischung ist ein ernsthaftes ökonomisches Problem: Verglichen mit dem Wert einer möglichen nachhaltigen Variante verlor die Kabeljau-Fischerei in der Ostsee allein im Jahr 2002 Einnahmen in Höhe von 160 Millionen Euro, da durch Überfischung die Bestände erschöpft waren und die Quoten zur Erholung der Bestände entsprechend niedrig festgelegt wurden. Die Kabeljau-Fischerei in der Nordsee verlor im gleichen Zeitraum Einnahmen in Höhe von 230 Millionen Euro. In Großbritannien

sank der Wert des angelandeten Fisches von 1966 bis 1999 um etwa 80 Prozent von 880 Millionen Pfund Sterling auf 196 Millionen Pfund.

Damit die Bestände sich wieder erholen, sind rigorose Fangbeschränkungen erforderlich. So haben sich die Heringsbestände in der Nordsee und dem Nordatlantik nach ihrem Zusammenbruch vor rund 25 Jahren weitgehend erholt. Doch auch der Bestand an ausgewachsenen Tieren kann täuschen. So produziert der Nordsee-Hering seit vier Jahren nur noch geringe Nachwuchszahlen, was in absehbarer Zeit zu einer drastischen Verringerung des Fischbestandes und damit der Fischereierträge führen kann. Die Ursachen für diesen Rückgang des Nachwuchses sind noch weitgehend unbekannt. Mitte der sechziger Jahre lebten knapp drei Millionen Tonnen Makrelen in der Nordsee. Durch den Einsatz effektiverer Fangmaßnahmen wurde die Makrele so überfischt, dass nur noch weniger als 100 000 Tonnen überlebten. Trotz Schutzmaßnahmen hat sich der Bestand in den letzten 20 Jahren nicht wieder erholt.

Korallenriffe gehören neben den tropischen Regenwäldern zu den artenreichsten Ökosystemen der Erde. Ihre jährliche Wertschöpfung wird auf etwa 30 Milliarden Euro geschätzt. Entsprechende Auswirkungen hat die Überfischung: Indonesien besitzt rund 51 000 Quadratkilometer Korallenriffe. Hier leben 60 Prozent der bekannten Steinkorallen und mehr als 1650 Fischarten. 1997 konnten 3,6 Millionen Tonnen Fisch gefangen werden. Doch sind mehr als 32 000 Quadratkilometer Korallenriffe überfischt, die gesellschaftlichen Schäden daraus werden auf 1,9 Milliarden US-Dollar in 20 Jahren geschätzt; auf den Philippinen sind 21 000 Quadratkilometer Korallenriffe betroffen, und die Überfischung verursacht dort Schäden von 1,2 Milliarden US-Dollar.

Küstenzonen wie Seegraswiesen, Marschen, Mangrovenwälder usw. sind ökonomisch wertvolle Ökosysteme, denn sie sind nicht nur Lebensraum für sehr viele Tier- und Pflanzenarten, sondern insbesondere auch die Kinderstube der Fische, da diese dort Versteckmöglichkeiten und Nahrungsangebote vorfinden. Ökonomisch gesehen sind solche Küstenzonen „Fabriken“, die Nährstoffe und Energie in Fische, Krustentiere und Mollusken verwandeln. In Queensland, Australien, sind z. B. 75 Prozent des kommerziellen Garnelenfangs direkt von Mangrovenwäldern abhängig. Ein 400 Quadratkilometer großer Mangrovenwald in Matang, Malaysia, ist für die Fischerei 100 Millionen US-Dollar wert.

Es gibt aber Beispiele dafür, wie dieser Trend der Überfischung umgekehrt werden kann. Neben der strengen Quotierung der Fänge und der intensiven Überwachung der Einhaltung der Quoten spielt die Auswei-

sung von Meeresschutzgebieten eine wichtige Rolle. Für diese „Marine Protected Areas“ (MPA) lassen sich zum Teil schon Ertragssteigerungen kurz nach ihrer Einführung nachweisen. Auf den Fidschi-Inseln führte ein lokal gemanagtes MPA-Netzwerk zu einer Verdreifachung der Fangmenge und in drei Jahren zu einer 35-prozentigen Steigerung der Haushaltseinkommen. Im Navakavu-MPA (Fidschi) betrug im Januar 2007 das durchschnittliche monatliche Einkommen eines Haushalts in der Fischerei 251 US-Dollar und damit mehr als doppelt so viel wie in Nicht-MPA-Gebieten (118 US-Dollar pro Haushalt). Seit seiner Einführung 1995 hat das philippinische Apo-Insel-MPA zu einer Verzehnfachung der Fangmenge in den umliegenden Gebieten geführt. Im Mafia-Islands-MPA (Tansania) wurden bereits nach sechs Jahren wieder signifikant größere Fische gefangen, und im Scandola-Reservat bei Korsika war nach 13 Jahren Schutz die Häufigkeit von elf Fischarten wieder fünfmal so hoch wie in den angrenzenden Fischgründen. Die Liste der Beispiele ließe sich fortsetzen.

Wie bei land- und forstwirtschaftlichen Produkten, so kann auch beim Handel mit Fisch die Zertifizierung als Indikator für den ökonomischen Wert der Natur herangezogen werden. Das international anerkannte Fischereilabel MSC (Marine Stewardship Council) existiert erst seit 1997 und hatte im Jahr 2005 seinen Durchbruch, als die weltgrößte Weißfischfischerei – Alaska-Seelachs in der Beringsee und den Aleuten – MSC-zertifiziert wurde. In Deutschland hat Alaska-Seelachs einen Marktanteil von knapp 18 Prozent. Bis Ende 2008 wurden 48 Fischereien zertifiziert. Dazu zählen kleine regionale Fischereien wie Westaustralische Languste und Themse-Hering sowie große Fischereien wie Alaska-Wildlachs und Alaska-Seelachs. 42 Prozent der weltweiten Wildlachsänge, 40 Prozent der Haupt-Weißfischänge und 18 Prozent der Hummerfänge sind zertifiziert. 2007/08 stammten etwa vier Prozent des globalen Fischfangs aus MSC-Fischereien. Der Wert des Weltmarktes für Erzeugnisse mit MSC-Siegel stieg in einem Jahr um nahezu 100 Prozent und erreicht inzwischen ein Umsatzvolumen von 776 Millionen Euro. Die Zahl der nach MSC-Standard zertifizierten Unternehmen der Produktkette stieg im Verlauf des Jahres um fast 40 Prozent auf nahezu 600 Unternehmen. 2400 Produkte tragen derzeit das MSC-Siegel. Mit einem Umsatzvolumen von mehr als 213 Millionen Euro repräsentiert Deutschland den weltweit größten Markt.

Aquakultur ist die Produktionsform tierischer Nahrungsmittel mit dem höchsten wirtschaftlichen Wachstum. Seit 1970 wuchs sie jährlich um die enorme Rate von 8,8 Prozent, die Fischerei wuchs im gleichen Zeitraum um jährlich lediglich 1,2 Prozent und die gesamte Erzeugung tierischer

Nahrungsmittel um 2,8 Prozent. 1996 wurden 26,4 Millionen Tonnen Fisch in Zuchtbetrieben gewonnen, 2004 belief sich die gesamte Produktionsmenge immerhin schon auf 45,5 Millionen Tonnen mit einem Gesamtwert von 63,3 Milliarden US-Dollar. Rechnet man die Pflanzenproduktion in Aquakulturen hinzu, kommt man auf 59,4 Millionen Tonnen mit einem Wert von 70,3 Milliarden US-Dollar, und nochmals zwei Jahre später, 2006, betrug der Ertrag der tierischen Aquakulturen bereits 52 Millionen Tonnen im Wert von 79 Milliarden US-Dollar. 70 Prozent der weltweiten Aquakulturen wird von China betrieben. Dieser Wandel der Fischerei vom Fang aus natürlichen Beständen zu Aquakulturen wird sich verstärken, da die Ausbeute durch Fang an die Produktionsgrenzen der Ozeane gelangt ist und gleichzeitig der vermutete Bevölkerungsanstieg bis 2030 einen Mehrbedarf an Fisch erwarten lässt, der nur durch Aquakultur gedeckt werden kann.

Allerdings hilft Aquakultur nicht allein das Nahrungsproblem zu lösen, sie schafft ihrerseits wiederum ökologische Probleme. Das betrifft weniger die im Meer angesiedelten Fischfarmen als vielmehr die Fisch- und Garnelenfarmen, die in Küstennähe und im Landesinnern angesiedelt sind. Sie sind in ihrer schädlichen Auswirkung auf die Natur durchaus vergleichbar mit industrieller Fleischproduktion. Sie haben einen hohen Input an Energie in Form von Nährstoffen, Wasserkreisläufen u. Ä. und einen hohen Output an Abfallstoffen. Die Garnelenmast – es handelt sich nicht um eine Zucht, der Laich wird gesammelt und in die Aufzuchtfarmen gebracht – ist besonders schädigend, da in der Regel nach fünf Jahren der Ertrag drastisch zurückgeht und vermehrt Erkrankungen der Garnelen zu beobachten sind. Die Produktionsstätte wird in der Regel aufgegeben und eine neue errichtet. Durch Bodenversauerung, Nährstoffarmut und Bodenverdichtung sind die Flächen dann degeneriert, und eine erneute natürliche Bewaldung durch Mangroven ist für lange Zeit unmöglich. Weltweit wird mehr als die Hälfte des Verlustes an Mangroven durch Aquakultur verursacht, 38 Prozent davon allein durch Garnelenkulturen.

Die Zerstörung der Mangrovenwälder durch Garnelenmast wird als irreversibel angesehen und lässt sich nur durch hohen finanziellen Einsatz rückgängig machen. Der Ertrag aus dem Garnelenverkauf ist mit 20719 US-Dollar pro Hektar zwar scheinbar hoch, doch nach Abzug der Kosten bleiben nur 1240 bis 1341 US-Dollar pro Hektar. Zieht man davon die Kosten für die Beseitigung oder Vermeidung der Umweltschäden ab, so bleibt in den fünf Jahren nur noch ein Gewinn von 224 bis 242 US-Dollar pro Hektar. Die Wiederaufforstung der Mangroven würde etwa 270 US-Dollar pro Hektar kosten, sodass allein ein nachhaltiger Umgang mit den

Flächen bereits ein Verlustgeschäft ist. Dagegen lässt sich für die Leistungen eines intakten Mangrovenwaldes ein Wert von 2229 US-Dollar berechnen. Volkswirtschaftlich ist diese Form der Garnelenmast folglich völlig unrentabel. Sie wirft nur deshalb für Einzelne Gewinn ab, weil die Kosten der Allgemeinheit bzw. den nachfolgenden Generationen angelastet werden.

Neben der Fischerei bietet die Artenvielfalt der Meere viele Möglichkeiten zur Nutzung. 20 Prozent des gesamten Fischfangs wird nicht als Speisefisch verwertet, sondern für industrielle Zwecke, vor allem für Fischmehl und Fischöl, genutzt. Fischöl wird zu 70 Prozent als industrieller Lebensmittel-Rohstoff genutzt (Margarine, Backzutaten), der Rest wird als Tierfutter verwendet. Die EU war zwischen 1997 und 2001 mit neun Prozent der viertgrößte Fischmehl-Produzent und mit einem Anteil von 16 Prozent der zweitgrößte Fischöl-Produzent der Welt. Die EU ist aber auch mit 18 Prozent bzw. 19 Prozent einer der Hauptkonsumenten dieser Erzeugnisse. Davon verbrauchten die europäischen Aquakulturen 33 Prozent, 32 Prozent gingen in die Schweinemast und 29 Prozent in die Geflügelzucht.

Ein ganz eigener ökonomischer Markt ist der Handel mit Aquarienfischen, der vor allem im Pazifik eine ökonomische Bedeutung hat. Für Aquarien werden insgesamt 1471 verschiedene Arten von Fischen gefangen sowie rund zehn Millionen weitere Meerestiere (Schnecken, Garnelen, Anemonen etc.) und zwölf Millionen Korallen gesammelt. Das Volumen des Handels mit Zierfischen beträgt bis zu 280 Millionen Euro jährlich.

Da diese Fische kaum als Speisefische Verwendung finden, ergänzen sie die Wertschöpfung in der Fischerei. Ein Kilogramm Aquarienfisch hatte 2002 einen ökonomischen Wert von 500 US-Dollar, ein Kilogramm Speisefisch erbrachte durchschnittlich nur sechs US-Dollar. In Sri Lanka werden jährlich mehr als 5,5 Millionen US-Dollar mit dem Handel von Aquarienfischen verdient, etwa 50 000 Personen leben davon.

Der Weltmarkt für Großalgen-Produkte wird auf 5,5 bis sechs Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt. Etwa 200 Arten von Großalgen werden kommerziell genutzt, zehn davon intensiv. Kommerziell verwertbare Großalgen sind vor allem die Braunalgen, die in Kosmetika (als Hydrokolloide), in Medikamenten, als Nahrungsmittel, als Dünger und bei der Herstellung von Textilien zum Einsatz kommen. Die wertvollste Alge ist die dünne, dunkle Nori, die zum Umwickeln von Sushi verwendet wird – die Tonne getrocknete Nori-Alge kostet etwa 16 000 US-Dollar.

Die Aquakultur von Algen wird besonders in China, Japan und Korea

betrieben, aber auch in einigen afrikanischen Ländern wie Tansania, Madagaskar und Mozambique gewinnt der Export von getrockneten Algen ökonomische Bedeutung. Die Aquakultur bietet die Möglichkeit zur Diversifizierung der Produktion und damit zur Verminderung der Abhängigkeit von der Fischereiwirtschaft. Der Algenanbau in Küstengewässern senkt zudem den Gehalt an eingewaschenen Nährstoffen und reinigt das Wasser. In China gibt es gute Beispiele von Aquakulturen, in denen Fische, Mollusken und Algen integriert angebaut werden.

Mikro-Algen (Diatomeen, Phytoplankton) sind wahrscheinlich die größten Biomasse-Produzenten auf der Welt. Der Weltmarkt für Produkte aus Mikroalgen wird ebenfalls auf etwa fünf bis sechs Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt, davon entfällt die Hälfte auf den Health-Food-Sektor. Sie werden als Nahrungsmittel-Ergänzungstoffe und Gesundheitsnahrung sowie als Futtermittel für Tiere und Fische genutzt, manche auch bei der Biotreibstoff- und Methan-Herstellung, in der Kosmetik-Produktion und als therapeutische Zusatzstoffe. Kieselalgen produzieren das sogenannte Kieselgur, das technische Verwendung zur Filtration und Chromatographie findet. Es wird auch als Schleif- und Poliermittel angewendet und im biologischen Pflanzenschutz gegen bestimmte Insekten und Pilze eingesetzt. Insgesamt gibt es Zehntausende Arten von Mikroalgen, von denen bisher nur ein paar hundert auf ihre Verwertbarkeit hin genauer untersucht wurden.

#### Zum Weiterlesen

Barbier E B (2007): *Valuing Ecosystem Services as Productive Inputs*. In: Economic Policy, Vol. 22, No. 49, pp. 177-229

Beaumont N, Townsend M, Mangi S, Austen M (2006): *Marine Biodiversity: An Economic Valuation*. Plymouth Marine Laboratory and the UK Department for Environment, Food and Rural Affairs. [http://www.ucl.ac.uk/bioecon/8th\\_paper/Austen.pdf](http://www.ucl.ac.uk/bioecon/8th_paper/Austen.pdf)

Zentrum für Entwicklungsforschung Bonn (Hg.): *ZEF-News, Sonderausgabe zur Biodiversität*, Vol. 20, Issue 5/2008, pp. 14-16

Döring R, Holst H (2002): *The economics of a tragedy at sea: Costs of overfishing of cod from the North Sea and the Baltic*. WWF-Germany, [www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/TheEconomicsofaTragedyatSea.pdf](http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/TheEconomicsofaTragedyatSea.pdf)

Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vassière B E (2009): *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. In: Ecological Economics, Vol. 68, Issue 3, pp. 810-821

Müller-Sämann K M, Reinhardt G, Vetter R, Gärtner S (2002): *Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren*. Institut für

umweltgerechte Landbewirtschaftung, Müllheim (IfuL), und Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU) im Auftrag des Landes Baden-Württemberg

Walser M, Pohlmann K, Neumann C (2008): *The Value of our Oceans – The Economic Benefits of Marine Biodiversity and Healthy Ecosystems*. WWF Germany, [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/WWF\\_Studie\\_The\\_value\\_of\\_our\\_oceans.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/WWF_Studie_The_value_of_our_oceans.pdf)

WBGU (1999): *Welt im Wandel. Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre*. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Jahresgutachten 1999. Berlin u. a.: Springer

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## ZWEI FLIEGEN MIT EINEM SCHILFROHR

Die Kaltbrunner ernten Schilf, so schützen sie ihre Feuchtwiesen und heizen ihre Häuser.

Tiefblaue Blütenmeere von Lungenenzian, purpurrote Orchideen, schillernde Libellen, schachbrettartig gemusterte Schmetterlinge und zarte Wollgrasflocken: Feuchtwiesen sind wahre Schatzkästchen der Natur. Doch der Schatz muss immer wieder freigelegt werden. Feuchtwiesen muss man pflegen, damit sie nicht von Schilf, Goldruten und Gebüsch überwachsen werden. Allein im Landkreis Konstanz mähen deshalb Naturschützerinnen und Naturschützer regelmäßig über 700 Hektar Schilfgebiete. Doch kaum jemand wusste bisher, wohin mit den Tausenden Tonnen Mähgut. Denn Schilf ist nährstoffarm, und kaum ein Tier lässt sich damit füttern. Oft landet die Ernte deshalb auf der Mülldeponie.

„Das tat mir auch deshalb in der Seele weh, weil Schilf sehr energiehaltig ist. Allein ein Hektar gemähte Schilffläche kann über über 2000 Liter Heizöl ersetzen“, sagt Bio-Bauer Helmut Müller aus Kaltbrunn (Gemeinde Allensbach), der seit Jahren einen Teil seines Geldes als Landschaftspfleger verdient. Der engagierte Landwirt ergriff deshalb zusammen mit Umweltbetriebsprüfer Gerhard Worm vor drei Jahren die Initiative und rührte die Werbetrommel für ein Schilfkraftwerk in dem 900 Einwohner zählenden Dorf. Mit Erfolg: 2007 gaben 22 Gründungsinvestoren eine Machbarkeitsstudie in Auftrag. Anfang 2008 haben sie die Energie & Landschaftspflege Bodensee GmbH & Co KG gegründet. Ihr Ziel: zwei

650 Kilowatt starke Heizanlagen zu errichten, eine für Schilf- und Schnitgut, eine für Holzpellets. Um die Wärme zu nutzen, wird ein vier Kilometer langes Nahwärmenetz gebaut. 100 der 160 Hausbesitzer Kaltbrunns haben bisher zugesagt, sich anschließen zu lassen. Da der Brennstoff in den umliegenden Naturschutzgebieten ohnehin anfällt und nichts kostet, arbeitet das Bürger-Kraftwerk ab einem Heizölpreis von 60 Cent pro Liter konkurrenzfähig. Finanziert wird das zwei Millionen Euro teure Vorhaben über Zuschüsse des Landes Baden-Württemberg und des Bundes in Höhe von 550 000 Euro sowie einen Kredit von der KfW-Bankengruppe in Höhe von einer Million Euro, den Rest müssen die beteiligten

Bürgerinnen und Bürger selbst aufbringen. Derzeit läuft noch die Genehmigung, ab Sommer soll gebaut werden.

Das Schilfkraftwerk macht Kaltbrunn künftig nicht nur unabhängiger vom Öl und hilft die umliegenden Feuchtwiesen zu erhalten. Das Vorhaben kommt auch den Handwerkern und Unternehmern der Region zugute, die Anschlüsse legen oder Wärmetauscher warten. „Wir wollen mit dem Kraftwerk sowohl unsere Region als auch unsere Dorfgemeinschaft stärken und unabhängig machen“, betont Gerhard Worm, der mittlerweile Geschäftsführer der Energie & Landschaftspflege Bodensee ist.

# Die Potenziale erneuerbarer Energie

Unsere Energieversorgung ist eine Grunddienstleistung der Natur. Lange Zeit richtete der Mensch sein Augenmerk ausschließlich auf die Wege, diese Ressourcen zu erschließen und für sich zu sichern. Erst seit knapp einem halben Jahrhundert rücken die Endlichkeit einiger Energiequellen und vor allem die schädlichen Auswirkungen ihrer hemmungslosen Ausbeutung in den Blick. Das Industriezeitalter war die Epoche der fossilen Energieträger. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl und Erdgas befeuerten ein beispielloses Wachstum der Wirtschaft. Da sie auf organischen Kohlenstoff-Verbindungen basieren, setzten und setzen sie einhergehend mit diesem Wachstum Kohlendioxid frei, das für die bedrohliche Erwärmung des Weltklimas maßgeblich mitverantwortlich ist. Und diese Bedrohung nimmt zu. Die bislang bekannten Reserven an fossilen Brennstoffen, also diejenigen Mengen, die verfügbar sind und mit heutiger Technik zu Marktpreisen gewonnen werden können, belaufen sich in zeitlicher Hinsicht bei Erdöl auf ca. 43 Jahre, bei Erdgas auf ca. 66 Jahre und bei Kohle auf ca. 170 Jahre. Bei einer steigenden Nachfrage verkürzen sich diese Fristen. Sehr viel schneller wird die Grenze erreicht sein, ab der ein gleichbleibender oder gar gesteigerter Verbrauch fossiler Energie zu irreversiblen Schädigungen des Klimas mit den entsprechenden Folgekosten führen wird.

Deshalb konzentrieren sich die Bemühungen auf die Entwicklung und den Ausbau regenerativer Energieträger wie Solarenergie, Windenergie, Gezeitenenergie, Wasserkraft und Erdwärme sowie die Gewinnung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen. Denn den regenerativen Energieträgern gehört die Zukunft auf dem Energiemarkt. Es muss jedoch gesehen werden, dass auch unter Einsatz erneuerbarer Energieträger die Energieversorgung eng wird, wenn der Energieverbrauch weiter so wächst wie bisher.

Eine nachhaltige Energieversorgung für die Zukunft ist daher nur zu leisten, wenn gleichzeitig die Energieeffizienz gesteigert und der Energieverbrauch deutlich reduziert wird. Für die kommenden Jahre bedeutet die Umsetzung dieser Anforderung, dass erhebliche Investitionen auch in die Verbesserung von Technologien der Energieeffizienz und -einsparung getätigt werden müssen. Anderenfalls würde auch eine Versorgung mit erneuerbaren Energiequellen bei gleichzeitig exponentiell steigendem Energie-

bedarf nicht gelingen. Eine Renaissance und einen technologischen Innovationsschub erleben die erneuerbaren Energien seit Mitte der 1990er Jahre. Durch die Verabschiedung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 und die damit gesetzten, v. a. finanziellen Anreize haben in Deutschland innerhalb kurzer Zeit die Marktanteile regenerativer Energieträger stark zugenommen.

## ERNEUERBARE ENERGIE SCHONT DIE UMWELT, SCHAFFT GEWINN UND SICHERT ARBEITSPLÄTZE

Durch die Nutzung regenerativer Energien wurden im Jahr 2007 in Deutschland Emissionen von circa 117 Millionen Tonnen Kohlendioxid vermieden, 15 Prozent mehr als noch ein Jahr zuvor. Dadurch wurden der Volkswirtschaft externe Kosten in Höhe von mehr als acht Milliarden Euro erspart. Diese wären durch Umweltverschmutzung, Gesundheitsschäden und einen verstärkten Treibhauseffekt angefallen, wenn der Energiebedarf im Jahr 2007 statt mit erneuerbaren Energien nur aus fossilen Quellen gedeckt worden wäre.

Eine für das Bundesumweltministerium durchgeführte Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und des Fraunhofer-Instituts für solare Energieforschung kommt zu dem Ergebnis, dass die externen Kosten der Stromerzeugung in modernen Braun- und Steinkohlekraftwerken zwischen sechs und acht Cent je Kilowattstunde und damit deutlich über ihren spezifischen Stromgestehungskosten von zwei bis fünf Cent je Kilowattstunde liegen. Für die Quantifizierung externer Kosten sind unter anderem die Wirkungen von Treibhausgas-Emissionen oder Gesundheitsschäden von Bedeutung. Die Schätzungen verschiedener Studien zu den externen Kosten des Atomstroms reichen von weniger als einem Cent je Kilowattstunde bis über zwei Euro je Kilowattstunde – je nachdem, wie vollständig die potenziellen und tatsächlichen gesellschaftlichen Folgewirkungen Berücksichtigung finden. Die externen Kosten der erneuerbaren Energie liegen dagegen in aller Regel unter einem halben Cent je Kilowattstunde. Lediglich bei Photovoltaik liegen sie derzeit bei rund einem Cent je Kilowattstunde. Folgt man diesem Vergleich und bezieht die internen und vor allem die externen Kosten der Stromerzeugung verschiedener Energieträger in eine Gesamtaussage ein, drängen sich die ökonomischen Vorteile der erneuerbaren Energien geradezu auf.

Eine Studie des Energy Research Centre of the Netherlands ergab, dass Solarmodule schon nach dem Stand der Technik des Jahres 2004 einen „Erntefaktor“ von elf aufwiesen: Das heißt, dass ein Photovoltaikmodul

im Laufe seines Gebrauchs das Elffache der Primärenergieträger ersetzen wird, die seine Herstellung vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung gekostet hat. Entsprechend rentieren sich die Module energetisch gesehen nach 2,2 Jahren. Da sich der Wirkungsgrad von Solarstrommodulen seitdem ständig erhöht und der Energie- und Rohstoffbedarf bei der Produktion gesunken ist, sieht diese energetische Bilanz heute noch besser aus.

Seit 1998 hat sich die Zahl der Beschäftigten in der Erneuerbare-Energien-Branche in Deutschland fast verfünffacht. Im Jahr 2007 (Stand 14. März 2008) arbeiteten etwa 250 000 Menschen bei Herstellern, Zulieferern und Projektentwicklern der deutschen Erneuerbare-Energien-Branche. Davon 96 100 im Bereich der Bioenergie, 84 300 in der Windkraft, 50 700 in der Solarenergie, 9 400 in der Wasserkraft, 4 500 in der Geothermie sowie 4 300 in gemeinnützig geförderten Projekten. Im Jahr 2008 waren rund 280 000 Beschäftigte in der Erneuerbare-Energien-Branche zu verzeichnen. Die Unternehmensberatung Roland Berger erwartet, dass im Jahr 2020 etwa 400 000 bis 500 000 Menschen im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland tätig sein werden, das wäre eine Verdoppelung der Beschäftigtenzahl gegenüber heute. Für 2030 werden sogar 710 000 Beschäftigte erwartet.

Der Umsatz der Branche stieg seit 2003 um 150 Prozent von etwa zehn Milliarden Euro auf rund 25 Milliarden im Jahr 2007. Die Bioenergie war daran zu 42 Prozent beteiligt, die Solarenergie (Photovoltaik und Thermie) zu 27,6 Prozent, die Windkraft zu 22,8 Prozent, die Wasserkraft zu 4,5 Prozent und die Geothermie zu 2,7 Prozent. Die Erneuerbare-Energien-Branche investierte elf Milliarden Euro in Anlagen zur Energiegewinnung. Allein diese Investitionen übertreffen deutlich die jährliche staatliche Förderung der erneuerbaren Energien in Höhe von 6,7 Milliarden Euro, die unter anderem über die Einspeisevergütung des EEG geschützt wird. Laut Branchenprognosen sollen die jährlichen Investitionen bis 2020 auf 200 Milliarden Euro anwachsen. Damit wird deutlich, welche wirtschaftlichen Potenziale die Branche auch in den kommenden Jahren haben wird.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG hat positive Wirkungen auf die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft. Die Zahl der jährlichen Patente bei den erneuerbaren Energien kletterte in Deutschland allein zwischen 1998 und 2002 von 20 auf etwa 70. Die neuen Bundesländer profitieren besonders vom Boom der Solarindustrie. 2008 waren in der ostdeutschen Solarbranche 14 000 Menschen beschäftigt, vor allem im neuen „Solar Valley“ zwischen Bitterfeld, Halle, Jena und Dresden und in

der Hauptstadtregion Berlin sowie in Frankfurt/Oder. Allein 22 Firmen aus dem Bereich der neuen Dünnschicht-Modul-Produktion siedelten sich seit 2001 im Osten Deutschlands an.

Die Perspektiven der erneuerbaren Energien werden von Unternehmen ausgesprochen positiv gesehen. Eine Umfrage unter Führungskräften der mittelständischen Wirtschaft ergab im Herbst 2008, dass die erneuerbaren Energien zunehmend zur Querschnittsbranche werden. Bereits ein Drittel aller Unternehmen verfügt über entsprechende geschäftliche Kontakte. Unter allen Leitbranchen der Wirtschaft wird dem Sektor erneuerbare Energien das stärkste Wachstum bis 2020 zugetraut.

Die deutsche Erneuerbare-Energien-Branche ist international führend. 2007 wurden Anlagen und Technik mit einem Volumen von rund neun Milliarden Euro exportiert. Der Weltmarktanteil der deutschen Windenergiebranche lag im Jahr 2007 bei knapp 30 Prozent. Die größte Bedeutung hat das Auslandsgeschäft zurzeit für die Wasserkraft- und die Windindustrie mit Exportquoten um 85 Prozent. So stieg die Exportquote für Windenergie von 74 Prozent im Jahr 2006 auf über 83 Prozent im Jahr 2007. Aber auch bei der Solarbranche hat der Export stark an Bedeutung gewonnen: Im Jahr 2007 lieferte die Photovoltaikindustrie nach Angaben des Bundesverbands Solarwirtschaft 38 Prozent ihrer Produktion mit einem Wert von zwei Milliarden Euro ins Ausland, im Jahr 2008 stieg die Exportquote auf 46 Prozent und ein Volumen von 3,2 Milliarden Euro an. Bis zum Jahr 2020 wird eine durchschnittliche Exportquote von 80 Prozent angestrebt. Insgesamt 80 Milliarden Euro jährlich will die Branche dann mit der Ausfuhr von Anlagen und Komponenten erwirtschaften.

Denn weltweit wachsen die Investitionen in Wind- und Wasserkraft, Solar- und Bioenergie sowie Erdwärme rasant an. Wichtige Wachstumsmärkte sind neben der Europäischen Union vor allem China, Indien und die USA. In nur sieben Jahren hat sich das Volumen des Weltmarkts für erneuerbare Energien von 30 auf derzeit 60 Milliarden Euro verdoppelt. Es wird prognostiziert, dass der Markt bis 2020 auf mehr als 400 Milliarden Euro anwächst. Allein in die Solarenergie wurden 2007 nach einer Studie der UNEP (United Nations Environment Programme) weltweit 28,6 Milliarden US-Dollar investiert. Greenpeace International und der europäische Photovoltaik-Industrieverband (EPIA) prognostizieren, dass bis 2020 über zwei Millionen Jobs allein im Bereich der Photovoltaik entstehen werden und Solarstrom den Energiebedarf von einer Milliarde Menschen weltweit decken wird.

## ALTERNATIVE ENERGIE BRINGT DIE AUTARKIE VORAN

1991 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Stromverbrauch 3,2 Prozent, 2007 bereits 14 Prozent. Bei der Wärme erreichten sie 7,5 Prozent und beim Treibstoff 7,3 Prozent. Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch in Deutschland betrug 2007 9,8 Prozent. Entsprechend konnte die Nutzung fossiler Brennstoffe vermieden werden. Allein im Jahr 2007 haben Kraftstoffe, Strom und Wärme aus regenerativen Quellen fossile Energieimporte im Wert von 5,4 Milliarden Euro ersetzt. Abzüglich der Einfuhr von Biomasse aus dem Ausland ergibt sich ein Netto-Einspareffekt von 4,3 Milliarden Euro. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Versorgungsunabhängigkeit ist umso bedeutsamer, als die Importquote der in Deutschland genutzten Energie in den vergangenen zehn Jahren deutlich angestiegen ist, von 68,5 Prozent im Jahr 1995 auf 74,5 Prozent im Jahr 2006. Aktuell stammen rund 84 Prozent des in Deutschland genutzten Erdgases und 64 Prozent der Steinkohle aus dem Ausland – mit steigender Tendenz. Erdöl wird zu 96 Prozent und Uran zu 100 Prozent importiert. Die Reserven der meisten Energieträger sind auf wenige Länder konzentriert. Mehr als 80 Prozent des weltweit abbaubaren Urans befindet sich in nur vier Ländern. Der Nahe Osten beherbergt rund 62 Prozent der Welterdölreserven, und 30 Prozent der Erdgasreserven liegen allein in Russland. Damit stammt ein großer Teil der knappen Rohstoffe aus weit entfernten Regionen, was aufgrund der langen Transportwege mit entsprechenden Versorgungsrisiken verbunden sein kann.

Rund 100 Regionen und Kommunen in Deutschland, die ihre Energieversorgung zu 100 Prozent auf erneuerbare Energien umstellen wollen oder schon umgestellt haben, zeigen, dass eine weitgehende „Energieautarkie“ möglich ist. Ein Beispiel ist die Gemeinde Freiamt im Schwarzwald. Dort wurden 2008 rund 14,3 Millionen Kilowattstunden Strom durch regenerative Anlagen erzeugt. Diese Energiemenge liegt um ca. 1,5 Millionen kWh über dem Gesamtstromverbrauch der Gemeinde. Momentan sind hier ca. 130 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von rund 1,3 Megawatt installiert, und ständig kommen neue Anlagen hinzu. Vier Windkraftanlagen mit einer Leistung von jeweils 1,8 MW tragen ebenfalls zur positiven Energiebilanz bei. Sie werden von 300 Anteilseignern betrieben. Auch die Wasserkraft kommt zum Einsatz: Drei Kleinkraftwerke erzeugen Strom für zwei Sägewerke und eine Mühlenbäckerei. Rund 150 Sonnenkollektoren werden zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung genutzt. Erwärmung von Wasser ist aber auch anders möglich.

So kam ein findiger Landwirt auf folgende Idee: Frisch gemolkene Milch hat eine Temperatur von etwa 32 Grad, zur Lagerung wird die Milch auf vier Grad abgekühlt. Statt die Abwärme ins Freie zu blasen, setzt er – wie viele seiner Berufskollegen – einen Wärmetauscher ein. Damit heizt er 800 Liter Nutzwasser auf 40 Grad auf. Das Wasser muss zwar noch auf 60 Grad erhitzt werden, dennoch ist die Einsparung enorm. Für das tägliche Reinigen der Melkanlage benötigt er allein 600 Liter heißes Wasser, die er auf diese Weise umweltschonend erzeugt. Zahlreiche Holz hackschnitzel-Heizungen sorgen mit Holz aus dem eigenen Wald für Wärme und Behaglichkeit. In den letzten Jahren sind auch einige Holzpellet-Heizungen in Betrieb gegangen. Mit Geothermie, Luft oder Wasser betriebene Wärmepumpenheizungen werden bereits für mehrere Privatanwesen genutzt. 2002 wurde in Freiamt die erste Biogasanlage mit einer Leistung von 150 kW in Betrieb genommen. Die zweite Biogasanlage mit einer Leistung von 190 kW folgte im Jahr 2007. Übrigens: Die jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung in Freiamt liegt bei rund 9800 Tonnen.

Die Förderung der Versorgungsautarkie stärkt also insgesamt nicht nur die Unabhängigkeit in Versorgungsfragen, sondern auch die regionale Identität und das Umweltbewusstsein in konkreten Lebens- und Haushaltssituationen.

## REGENERATIVE ENERGIEN NUTZEN BEDEUTET NICHT PER SE DIE NATUR SCHÜTZEN

Nicht immer verträgt sich die Gewinnung erneuerbarer Energie mit den Anforderungen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Ihr nachhaltiger Ausbau muss auch in diesem Bereich mögliche Nutzungskonflikte sowie ggf. dadurch verursachte Folgekosten ins Kalkül ziehen. Dabei sind auch mögliche Synergien zu ermitteln und einzubeziehen.

Unter den regenerativen Energien ist der weitere Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland aus Sicht des Naturschutzes am umstrittensten, denn die Ökosysteme der Fließgewässer gehören zu den gefährdetsten Lebensräumen Mitteleuropas. Das Bundesumweltministerium geht davon aus, dass „unter Berücksichtigung der Belange des Natur- und Landschaftschutzes“ das langfristig realisierbare Nutzungspotenzial der Wasserkraft für die Stromerzeugung in Deutschland bei 25 Terawattstunden pro Jahr und einer installierten Leistung von 5200 Megawatt liegt. Das bedeutet eine fast 25-prozentige Steigerung gegenüber 2007, als der Wert bei 20,7 Terawattstunden pro Jahr lag. Dieser Ausbau soll vor allem über die Leistungssteigerung und ökologische Modernisierung bestehender Kleinanlagen sowie

über eine Modernisierung größerer Laufwasserkraftwerke erreicht werden. Viele Gewässer sind kanalisiert oder werden bereits durch rund 7660 Wasserkraftanlagen genutzt, davon rund 7300 Kleinwasserkraftanlagen mit einer Leistung unter einem Megawatt. Oftmals ist die Durchgängigkeit für wandernde Fische und andere Arten durch Wehre o. Ä. nicht mehr gegeben. So sind in Bayern 94 Prozent der Fließgewässerfische auf der „Roten Liste“ der bedrohten Tierarten. Der Gesetzgeber vergütet daher Strom aus Wasserkraftanlagen nur, wenn „nach Errichtung oder Modernisierung der Anlage nachweislich ein guter ökologischer Zustand erreicht oder der ökologische Zustand gegenüber dem vorherigen Zustand wesentlich verbessert worden ist“ (Paragraph 23 Abs. 5 Nr. 2 EEG). In Zukunft wird es deshalb noch mehr darauf ankommen, das Potenzial der Wasserkraft im Einklang mit Natur, Landschaft und Gewässerökologie zu nutzen.

Ein weiterer in Deutschland wichtiger Träger erneuerbarer Energien ist die Windkraft. Die Hauptwiderstände gegen die Errichtung von Windkraftanlagen kommen von Seiten betroffener Anlieger und Regionen. Sie beklagen eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, Lärmbelästigungen und Schattenwurf durch die Anlagen. Zudem befürchten sie negative Auswirkungen beispielsweise auf bedrohte Vogelarten und Fledermäuse, denn diese können mit den Rotoren größerer Windparks oder mit den zusätzlichen Stromleitungen kollidieren. Etliche Rastvogelarten wie Gänse, Pfeifenten oder Kiebitze reagieren sensibel auf Windkraftanlagen. Bei 81 Zugvogelarten wie Kranichen, Gänsen oder Watvögeln konnte nachgewiesen werden, dass Windparks als optische Barrieren wirken. Aus Gründen des Naturschutzes muss folglich die Auswahl möglicher Standorte von Windkraftanlagen mit besonderer Sorgfalt erfolgen: So sollten vor allem in der Umgebung von Wäldern, Feuchtgebieten, Seen und im unmittelbaren Küstenbereich hinter den Deichen sowie in der Nähe von bekannten Rastgebieten von Kranichen, Gänsen und Enten sowie von Schutzgebieten keine Windparks errichtet werden. Auch aus Gründen des Landschaftsschutzes sollten sensible Landschaftsteile von Windkraftanlagen freigehalten werden. Zumindest ist die Standortwahl so vorzunehmen, dass möglichst geringe Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und der Erholungseignung von Landschaftsräumen eintreten. Der Bündelung von Windkraftanlagen mit anderen technischen Infrastrukturen (z. B. Industriegebieten, Straßen) kommt dabei ein hohes Vermeidungspotenzial zu.

Offshore-Windparks, die 30 bis 120 Kilometer vor der Küste errichtet werden sollen, laufen aufgrund der günstigeren Windbedingungen gleichmäßiger und sind insofern leistungsstärker als Anlagen an Land. Doch sie

können nicht nur Vögel negativ beeinflussen, sondern auch Fische und geschützte Säugetiere wie Schweinswale oder Seehunde schädigen. Die meisten Arten und Lebensräume sind nach derzeitigem Kenntnisstand voraussichtlich hauptsächlich durch Störungen während der Bauphase betroffen, etwa infolge der bei der Rammung der Windanlagen in den Meeresboden erzeugten Schallpegel, auf die vor allem Meeressäuger empfindlich reagieren. Hinsichtlich einiger Vogelarten (z. B. Seetaucher) besteht allerdings noch Untersuchungsbedarf. Offshore-Windparks dürfen aus Gründen des Naturschutzes nicht in besonders sensiblen Gebieten, wie dem Nationalpark Wattenmeer, sondern nur in den ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) gebaut werden. Auch hier ist Rücksicht auf Schutzgebiete sowie auf Belange des Artenschutzes (etwa Zugrouten für den Vogelzug) zu nehmen. Bis November 2008 wurden 21 Windparks in Nord- und Ostsee genehmigt, die eine Ausbaupotenzial von 8000 Megawatt installierter Leistung haben. Das langfristig realisierbare Nutzungspotenzial der Offshore-Windkraft wird bis 2050 auf 35 000 Megawatt installierte Leistung beziffert. Die gleiche Leistung wird bis 2050 für die Windkraft an Land angestrebt.

Bei solarthermischen Anlagen zur Warmwassererhitzung bzw. Heizungsunterstützung, die fast durchweg auf Dächern errichtet werden, sind bisher keine nennenswerten Konflikte mit dem Naturschutz bekannt geworden. Allerdings gab es, wie auch bei Photovoltaik-Dachanlagen zur Stromerzeugung, in einigen Fällen Konflikte mit dem Denkmalschutz. Der Flächenbedarf der Anlagen bewegt sich in vertretbaren Maßen. Für die Erzeugung einer Kilowattstunde werden momentan rund sieben Quadratmeter Modulfläche benötigt. Um den gesamten Strombedarf in der EU zu decken, würden 0,7 Prozent der Landfläche benötigt. In dieser Größenordnung stehen genügend bereits versiegelte Flächen wie Dächer, Gebäudefassaden, Lärmschutzwände oder Industriebrachen bzw. nicht genutzte Siedlungsflächen zur Verfügung. Diese sollten auch vorrangig genutzt werden. Das BMU beziffert das Ausbaupotenzial der Photovoltaik bis 2050 in Deutschland auf 115 000 Megawatt installierter Leistung, das ist mehr als das Dreißigfache der Leistung von 2007. Das Ausbaupotenzial der Solarthermie wird auf 300 Terawattstunden pro Jahr veranschlagt.

Insgesamt zeigt sich, dass in der Solarenergie und der Windkraft noch große Potenziale stecken, wobei den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes durch eine umweltverträgliche Standortwahl und Anlagen-gestaltung Rechnung zu tragen ist. Hingegen sind der weiteren Nutzung der Wasserkraft zur Energiegewinnung durch den Arten- und Naturschutz Grenzen gesetzt.

## POTENZIALE DURCH BIOMASSE

Biomasse ist der derzeit wichtigste und vielseitigste Träger erneuerbarer Energie in Deutschland. Sie wird in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Herstellung von Biokraftstoffen genutzt. Rund 69 Prozent der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wurde 2007 durch Biomasse bereitgestellt. Die Bioenergie deckte 3,9 Prozent des gesamten Stromverbrauchs, 6,2 Prozent des gesamten Wärmebedarfs und 7,6 Prozent des gesamten Kraftstoffverbrauchs.

Umweltverträglich produzierbare Biomasse hat ein enormes Potenzial in Europa. Die Europäische Umweltagentur kommt in einer Studie aus dem Jahr 2006 zu dem Ergebnis, dass 2010 acht Prozent der Ackerfläche in der EU-25 (Europäische Union ohne Rumänien und Bulgarien) für die Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehen. Dieser Anteil lässt sich bis 2030 auf zwölf Prozent erhöhen. Dabei können allerdings Konkurrenzen mit anderen Flächenbedarfen, etwa aufgrund einer Ausweitung der ökologischen Wirtschaftsweise in der Landwirtschaft, entstehen (siehe Kapitel „Zukunftsmarkt Natur“). Würde man jedoch die gesamten zwölf Prozent verfügbare Fläche allein für die Produktion von energetisch genutzter Biomasse verwenden, so ließen sich 1442 Terawattstunden Energie gewinnen. Rechnet man die Biomasse aus Abfall und aus der Forstwirtschaft hinzu, könnten im Jahr 2030 insgesamt 3431 Terawattstunden Energie erzeugt werden. Die Verfügbarkeit wird in einer Studie der Europäischen Umweltagentur 2006 „im Einklang mit der guten landwirtschaftlichen Praxis, unter Wahrung einer nachhaltigen Biomasseerzeugung und ohne nennenswerte Beeinträchtigung der inländischen Nahrungsmittelerzeugung“ festgestellt. Auf diese Weise ließen sich demnach etwa etwa 15 bis 16 Prozent des für 2030 prognostizierten Primärenergiebedarfs decken. Dieser Anteil macht aber auch die Grenzen deutlich, in denen heimisch erzeugte Biomasse zur Deckung des Energiebedarfs beitragen kann.

Allerdings kommt es bereits heute regional zu Nutzungskonflikten zwischen der Erzeugung von Biomasse, der Lebens- und Futtermittelproduktion sowie dem Erhalt von Naturschutzflächen. In Deutschland ist z. B. im Zeitraum von 1993 bis 2006 ein Verlust von Grünland von 30,6 auf 28,8 Prozent Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche festzustellen. Weltweit führten Diskussionen um „Teller oder Tank“ sowie brennende Regenwälder zu intensiven Diskussionen um die Grenzen einer ökologisch und sozial nachhaltigen Biomassenutzung. Negative Effekte, z. B. durch zunehmende Importnachfrage in Europa, sind nur durch strikte Leitplanken für

den Import zu vermeiden, wie sie derzeit durch Nachhaltigkeitskriterien, deren Einhaltung durch Zertifikate nachgewiesen werden müssen, auf europäischer Ebene eingeführt werden. Gleichwohl bedarf ein lückenloses Nachweissystem enormer Anstrengungen hinsichtlich der Treibhausgas-Bilanzierung ebenso wie z. B. hinsichtlich der direkten und indirekten Landnutzungsänderungen sowie deren sozialen Auswirkungen und einer möglichst breiten globalen Beteiligung.

Gleichzeitig bietet die Biomassenutzung durch sogenannte Synergieeffekte bei der Umsetzung von Naturschutzziele jedoch auch Potenziale. Auch diese müssen vorangebracht werden.

Im Jahr 2007 gab es im Bereich Bioenergie bundesweit 5000 Unternehmen mit 96 100 Beschäftigten, die meisten davon im ländlichen Raum. Mit über zehn Milliarden Euro Gesamtumsatz ist die Bioenergie die umsatzstärkste Branche unter den erneuerbaren Energien. Sie hat einen Anteil von 95 Prozent an der gesamten regenerativen Wärmeproduktion. Biogene Kraft- und Treibstoffe decken gut sieben Prozent des Kraftstoffverbrauchs. Auch auf diesem Markt ist Deutschland international führend.

## ENERGIEGEWINNUNG, DIE AUF HOLZ BAUT

Strukturell und historisch ist die Produktion von Bioenergie sehr stark mit der Land- und Forstwirtschaft verbunden. Holz spielt bei der Gewinnung von Bioenergie bislang und auch künftig die größte Rolle. Ein steigender Ölpreis ließ zeitweise den Einsatz von Holzpellets in Blockheizkraftwerken und in privaten Heizungsanlagen immer profitabler werden. So kostete Ende 2008 eine Kilowattstunde Wärme aus Pellets vier Cent, aus Erdöl fünf bis sechs Cent und aus Erdgas acht bis neun Cent. Inzwischen hat sich die Relation durch den stark gefallen Ölpreis wieder verschlechtert, aber mittelfristig dürfte sie sich wieder zugunsten der nachwachsenden Rohstoffe verschieben.

Im Jahr 2008 wurden 900 000 Tonnen Pellets in Deutschland verbraucht und rund 1,5 Millionen Tonnen produziert. Die Steigerung gegenüber dem Jahr 2007 betrug 30 Prozent. Pellets werden in Deutschland von rund 60 mittelständischen Unternehmen produziert, mit Schwerpunkt in Süddeutschland. Im Jahr 2008 gab es 105 000 Pelletheizungen in Deutschland, für 2009 wird ein Anstieg auf 140 000 Pelletheizungen erwartet. Der größte Teil der Pelletproduktion verarbeitete bisher Sägereistholz aus Sägebrennprodukten und Industrierestholz. In Ansätzen werden inzwischen auch Durchforstungsholz aus der Wald- und Landschaftspflege und Energieholz vom Acker genutzt. Es besteht allerdings noch ein großer Forschungs- und

Erprobungsbedarf bezüglich Pflanzenarten, Rohstoffqualität, Erntetechniken und -logistik, doch ist mit einer Reihe von Innovationen und einem stetig wachsenden Markt zu rechnen. So bieten Kurzumtriebsplantagen auch neue Perspektiven für die Land- und Forstwirtschaft. Sie können pro Hektar und Jahr Holzhackschnitzel oder Pellets mit einem Energiegehalt von 2000 bis 3000 Litern Heizöl liefern.

Je nach Landschaftsraum können Kurzumtriebsplantagen aus Pappeln oder Weiden umweltverträglicher als intensiv genutzte Ackerkulturen sein. Die Tier- und Pflanzenwelt profitiert zudem davon, dass die Energieholzfläche gegenüber den Anbauflächen von Mais und Raps eine längere Bodenruhe und weniger Störungen hat und dort Dünge- und Pflanzenschutzmittel seltener zum Einsatz kommen: Allerdings ist diese Einschätzung immer einzelfallbezogen vorzunehmen. Sie ist dabei vom Ausgangszustand des jeweiligen Standorts sowie von dessen naturschutzfachlicher und landschaftspflegerischer Bedeutung abhängig.

Zusätzliche Energieholz-Potenziale können auch durch die Ausdehnung historischer Waldnutzungsformen (Mittel- und Niederwald) erschlossen werden. Auf bestimmten Flächen im Wald ist dies auch aus Artenschutzgründen erwünscht. Beim Niederwald werden in relativ kurzen Zeitabständen – in der Regel alle 15 bis 25 Jahre – auf einer bestimmten Fläche alle Bäume geerntet. Aus den verbliebenen Wurzelstöcken schlägt die folgende Niederwaldgeneration aus. Sie kann eine große Vielfalt an Baumarten aufweisen. Niederwaldbewirtschaftung wurde bereits früher betrieben, sie kam aber nach 1950 überall zum Erliegen, als die fossile Energie billiger wurde und zugleich die Nachfrage nach hochwertigem Bau- und Industrieholz stieg.

Ein zukunftsreicher Bereich der Landwirtschaft und Landschaftspflege ist die energetische Nutzung von Schilf, Heckenschnitt und anderer Biomasse aus naturverträglicher Nutzung. Eines der ersten Beispiele für eine explizit naturschutzgerechte Erzeugung von Biogas ist das Projekt „BUND-Regionalstrom Allgäu-Oberschwaben“. Darin arbeiten Naturschützer mit Landwirten und einem ökologisch orientierten Energieversorger zusammen. Von 36 Biogasanlagen werden fast 20 Millionen kWh Strom pro Jahr erzeugt und über ein Aufpreismodell an etwa 1200 Stromkunden vermarktet. Für den einzelnen Betrieb ist dies ein jährliches Zubrot von bis zu 1900 Euro. Insgesamt werden jährlich 36 000 Euro an die Landwirte ausbezahlt. Zu den Kriterien für die Teilnahme am Projekt gehört unter anderem die Nutzung von Mähgut aus der Biotoppflege auf Streuwiesen und Streuobstwiesen.

Durch Anforderungen des Natur-, Landschafts-, Boden- und Gewässerschutzes ergeben sich nicht nur Nutzungsrestriktionen, sondern auch zusätzliche Bioenergiepotenziale. So fällt Biomasse ebenso bei der Offenlandpflege an (z. B. Moore, Röhrichte, Heiden, Feuchtgrünland und Trockenrasen) wie bei der Waldsaumentwicklung, der Anlage von Gewässerrandstreifen und bepflanzten Flächen für den Erosionsschutz als auch bei der Pflege traditioneller Kulturlandschaften (Streuobstwiesen, Streuwiesen) und bei Flächen, die als Puffer für Schutzflächen oder zur Entwicklung eines Biotopverbundes dienen.

Bei Wilsede in der Lüneburger Heide werden jährlich auf 500 bis 600 Hektar aufkommende Pionierbaumarten wie Kiefer oder Birke entfernt. Dadurch wird verhindert, dass sich die Heide wieder zu Wald entwickelt. Das anfallende Holz muss von den Flächen entfernt werden. Es wird gehäckselt, mit der Abwärme einer Biogasanlage getrocknet und in einem Heizwerk verbrannt. Über ein Nahwärmenetz werden derzeit 14 Gebäude der niedersächsischen Kommune mit Wärme versorgt. Jährlich werden 800 Kubikmeter Holzhackschnitzel verbraucht.

Auch Holzhackschnitzel aus der Knickpflege, d. h. der Pflege von Hecken, bringen Wärme. Alle zehn bis 15 Jahre müssen Hecken auf den Stock gesetzt, das heißt heruntergeschnitten werden, damit sie als typische Landschaftselemente erhalten bleiben. In Schleswig-Holstein ist dies sogar durch die „Knickverordnung“ des Landes vorgeschrieben. Das von den Schleswiger Stadtwerken betriebene Heizwerk Gildestraße verfeuert jährlich 2000 bis 2500 Kubikmeter Holzhackschnitzel aus der Pflege von Hecken. Das angeschlossene Wärmenetz kann 83 Haushalte mit Wärme und Warmwasser versorgen. Damit ist Landschaftspflege wirtschaftlich interessant geworden. Die Knicks des nördlichen Bundeslandes bieten insgesamt ein großes noch ungenutztes Energiepotenzial. Für ein typisches Biomasseheizkraftwerk im ländlichen Raum von 1,2 Megawatt werden ca. 4000 Kubikmeter Holzhackschnitzel pro Jahr benötigt. Bei einer Aufwuchsleistung von bis zu 0,5 Kubikmeter Hackschnitzel pro Meter Hecke in 15 Jahren würden etwa 120 Kilometer Knicks benötigt, um eine kontinuierliche Versorgung des Heizwerks zu gewährleisten. Heute stehen allein in Schleswig-Holstein 46 000 Kilometer Knicks unter Naturschutz.

Interessante Perspektiven bietet auch die Trockenfermentation, wie sie auf dem BUND-Hof Wendbüdel in Niedersachsen praktiziert wird. Gras, das bei der extensiven Pflege von Feuchtgrünlandflächen anfällt, wird in einer eigens dafür errichteten Trockenfermentationsanlage mit 50 Kilowatt elektrischer Leistung verwertet. Das Projekt wird als Pilotvorhaben

vom Bundesamt für Naturschutz gefördert. Die im ersten Halbjahr 2008 erzielten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die angestrebte Gasmenge von durchschnittlich 500 Kubikmetern pro Tag erreicht wird. Die Gasqualität ist mit über 55 Prozent Methan sehr gut.

Angesichts der oben aufgezeigten Potenziale von Holz und weiteren Biomassen sollte der Weg verantwortungsvoll weiterbeschritten werden. Insbesondere regionale Kreisläufe dürften den zunehmenden Nutzungskonkurrenzen vorbeugen. Die Restriktionen und die Synergien, die sich aus der Nutzung erneuerbarer Energien für Natur-, Landschafts-, Boden- und Gewässerschutz ergeben, müssen noch stärker herausgearbeitet und beachtet werden. Dafür können nationale und internationale Nachhaltigkeitsverordnungen ein wichtiges Instrument sein, um einheitliche Handlungsanforderungen zu verankern.

## DER ENERGIEAUTARKEN GEMEINDE GEHÖRT DIE ZUKUNFT

Immer mehr Regionen interessieren sich für Bioenergie, zum einen um Umwelt und Klima zu schonen, zum anderen um die ländliche Wirtschaft zu diversifizieren und zu stabilisieren. Dass sich die Umstellung rentiert, zeigen Beispiele wie die Stadt Mureck in der Steiermark/Österreich. Zusammen mit dem Umland hat sie heute einen Versorgungsgrad mit erneuerbaren Energien von 170 Prozent erreicht. In der Region verbleibt durch Nahwärme aus Hackschnitzeln, Biodieselwerk sowie Biogasstrom eine Wertschöpfung von knapp einer Million Euro pro Jahr.

Jühnde im Landkreis Göttingen gilt als das erste Bioenergie Dorf in Deutschland. Die Bewohner erzeugen Strom und Wärme aus Biomasse, die in einer Biogasanlage und in einem Biomasse-Heizwerk verwertet wird. Ein Nahwärmenetz, an das 70 Prozent der Häuser angeschlossen sind, bringt die Energie zu den Haushalten.

Mauenheim, ein Ortsteil der Gemeinde Immendingen, ist das erste Dorf in Baden-Württemberg, das seinen Strom und seine Wärme vollständig aus heimischen erneuerbaren Energien bezieht. Biogas-Abwärme und moderne Holzenergie werden in ein Nahwärmenetz eingespeist und im Ort verteilt. Die Stromerzeugung aus dem Blockheizkraftwerk der Biogasanlage sowie aus mehreren Solarkraftwerken wird ins öffentliche Netz eingespeist. Neben den ökologischen Vorteilen hat das Projekt auch einen hohen regionalwirtschaftlichen Wert: Die Energiekosten fließen nicht mehr ab, sondern bleiben als Kaufkraft vor Ort. So bleiben pro Jahr rund 200 000 Euro im regionalen Wirtschaftskreislauf, die die Bürgerinnen und Bürger von Mauenheim früher für über 300 000 Liter Heizöl ausgegeben haben.

Das bayerische Wilpoldsried hat seine Energieversorgung auf drei Standbeine gestellt: Solarenergie, Windkraft und Biomasse. So wurde eine 400 Kilowatt starke Pellets-Dorfheizung errichtet, die jährlich 1,5 Millionen Liter Heizöl ersetzt. Beheizt werden 21 öffentliche Gebäude, eine Seniorenwohnanlage mit 21 Einheiten, private Gebäude mit 33 Wohneinheiten und eine Bäckerei mit Wohn- und Geschäftsgebäude. Vier Biogasanlagen tragen zum Strommix der Gemeinde bei, die mittlerweile das Zweieinhalbfache ihres eigenen Energiebedarfs aus regenerativen Quellen produziert. Innerhalb weniger Jahre konnten durch die vielfältigen Aktivitäten zur Förderung der erneuerbaren Energien in der Kommune im Oberallgäu mehr als 140 neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

### Zum Weiterlesen

Agentur für erneuerbare Energien (2008a): *Fakten. Die wichtigsten Daten zu den Erneuerbaren Energien*. Deutschlands Informationsportal zu erneuerbaren Energien, [http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/talking\\_cards\\_fakten\\_aug08\\_neu.pdf](http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/talking_cards_fakten_aug08_neu.pdf)

Bühler T, Klemisch H, Ostenrath K (2007): *Ausbildung und Arbeit für Erneuerbare Energien – Statusbericht 2007*. Wissenschaftsladen Bonn e.V. (Hg.), <http://www.jobmotor-erneuerbare.de/download/Statusbericht-AA-EE.pdf>

BMU (2008): *Erneuerbare Energien in Zahlen*. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/broschuere\\_ee\\_zahlen.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf)

DUH (2007): *Bioenergie. Eine Chance für Kommunen und Regionen*. Beispiele und Strategien für eine kommunale und regionale Bioenergienutzung. Deutsche Umwelthilfe e.V., Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH

Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg NBBW (2008): *Energie aus Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg*. Stuttgart, April 2008

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Wie die Natur das Klima schützt

Schon vor 50 Jahren, als noch wenig über die fatalen Folgen des Klimawandels bekannt war, schrieben der Klimatologe Roger Revelle und der Physiker Hans Eduard Suess: „Wir führen ein großes geochemisches Experiment durch, einzigartig in der menschlichen Geschichte und unwiederholbar auf der Erde. Wir geben der Atmosphäre und den Ozeanen in wenigen Jahrhunderten all den organischen Kohlenstoff zurück, den die Natur über Hunderte Millionen Jahre hinweg in den sedimentierten Gesteinen gespeichert hat.“

Mittlerweile wissen wir, dass auch die Schäden, die dieser Großversuch verursacht, einzigartig sind. Der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre ist von etwa 280 ppm (parts per million) im Jahr 1750 auf mehr als 385 ppm heute gestiegen. Die Steigerung resultiert überwiegend aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Erdöl und Erdgas, etwa 20 Prozent wurden durch Waldrodungen, die Trockenlegung von Feuchtgebieten und Veränderungen der Landwirtschaft verursacht. Etwa die Hälfte der Gesamtmenge kam erst in den letzten 30 bis 40 Jahren in die Atmosphäre. Die Triebkräfte dieser Entwicklung sind im Großen und Ganzen bekannt, die Auswirkungen sind jedoch schwer zu überschauen. Die bis heute weltweit ergriffenen Gegenmaßnahmen reichen nachweislich nicht aus, um den Prozess aufzuhalten. Da das Klimasystem jedoch nur langsam auf Veränderungen reagiert und es entsprechend lange dauern wird, bis zusätzliche Maßnahmen greifen, dürfen wir damit nicht warten, bis die prognostizierten schweren Schäden auftreten.

Dass Schäden bereits eingetreten sind und sich in Zukunft verstärken werden, ist mittlerweile unter den Experten unstrittig. 2005 wies ein Zusammenschluss der nationalen Akademien der Wissenschaften aus den meisten Staaten der Gruppe der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer (G-20) einschließlich China, Russland und den USA auf die drohenden Gefahren der Klimaerwärmung hin. Trotz der hohen Komplexität des Weltklimas gebe es sehr starke Hinweise darauf, dass eine weltweite Erwärmung eingetreten sei. Das lasse sich an Messungen der oberflächennahen Temperaturen über Land und im Meer, dem Anstieg der Meere, dem Schmelzen der Gletscher und vielen physikalischen und biologischen Erscheinungen erkennen. Der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre sei derzeit höher als alle Werte, die zumindest für die letzten 420 000 Jahre nachgewiesen werden können. Der Zwischenstaatliche Ausschuss für

Klimaänderungen (IPCC) bestätigte in seinem 4. Sachstandsbericht im November 2007, dass die von Menschen verursachte Erwärmung bereits zahlreiche physikalische und biologische Systeme beeinflusst. In dem Bericht heißt es: „Der Klimawandel ist eindeutig. Die globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen sind im Zeitraum von 1970 bis 2004 um 70 Prozent, die CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar um 80 Prozent gestiegen, wobei sich die Zunahme in den letzten zehn Jahren beschleunigt hat. Die Folgen sind bereits nachweisbar und weit verbreitet, in vielen Fällen können sie auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt werden.“

In den einhundert Jahren von 1906 bis 2005 hat sich die globale Temperatur nach Angaben des IPCC um ca. 0,74 Grad Celsius erhöht. Obwohl die Berechnung des genauen Ausmaßes der globalen Temperaturerhöhung schwierig und teilweise umstritten ist, lassen sich deren Konsequenzen bereits beobachten. Der Meeresspiegel steigt, und die Gletscher gehen zurück. Bei einer Untersuchung von mehr als 1700 Tier- und Pflanzenarten konnten für 279 Arten Veränderungen nachgewiesen werden, die auf einen Einfluss des Klimawandels hinweisen. So wurde bei einer Stichprobe von 99 Arten von Vögeln, Schmetterlingen und Pflanzen belegt, dass sich ihr Verbreitungsgebiet gegen Ende des 20. Jahrhunderts im Schnitt pro Jahrzehnt um 6,1 Kilometer polwärts oder 6,1 Meter in die Höhe verschob. Bei 22 der untersuchten Schmetterlingsarten hat sich der Lebensraum im 20. Jahrhundert zwischen 35 und 240 Kilometer nach Norden verlagert. Bei Pflanzen verfrühte sich im gleichen Zeitraum der Blattaustrieb oder Blühbeginn um zwei bis drei Tage. Diese und eine Vielzahl weiterer bislang durchgeführter Untersuchungen liefern so umfassende Belege, dass von einem Zufall nicht mehr gesprochen werden kann.

### DIE KOSTEN DER KATASTROPHE

2006 veröffentlichte der ehemalige Weltbank-Chefökonom Nicholas Stern seinen Bericht zu den wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels und stellte in der Einleitung fest: „Der Klimawandel bedeutet eine einzigartige Herausforderung für die Volkswirtschaft: Er ist das größte und weitreichendste Versagen des Marktes, das es je gegeben hat.“ Die von ihm zusammengefassten Ergebnisse benennen eine Vielzahl schädlicher bis katastrophaler Wirkungen, die in ihrem Zusammenspiel noch lange nicht vollständig erforscht sind. Je nach dem Ausmaß der Temperaturerhöhung und der damit verbundenen Veränderungen der Niederschlagsmuster und weiterer Klimafaktoren ist dem Bericht zufolge mit zunehmend dramatischen Folgen zu rechnen:

- Bei einem Temperaturanstieg von bis zu zwei Grad Celsius wären in manchen Regionen 20 bis 30 Prozent weniger Niederschlagswasser verfügbar (Mittelmeerraum, südliches Afrika), in den Tropen würden die Erntemengen deutlich sinken, während sie in unseren Breitengraden zunächst leicht ansteigen würden. Straßen und Infrastrukturen im Permafrostgebiet von Russland und Kanada würden beschädigt. Weltweit würden kleine Berggletscher verschwinden, was beispielsweise in Südamerika die Wasservorräte für 50 Millionen Menschen bedroht, 80 Prozent der Korallenriff-Ökosysteme würden stark und schließlich irreversibel geschädigt, etwa 15 Prozent aller Landlebewesen (manchen Schätzungen zufolge sogar bis zu 40 Prozent) wären vom Aussterben bedroht, und es würde pro Jahr etwa 300 000 zusätzliche Tote durch Krankheiten geben, die mit dem Klimawandel im Zusammenhang stehen.
- Bei einem Temperaturanstieg von bis zu drei Grad Celsius wäre eine steigende Zahl von Menschen vom Hunger bedroht, und es müsste pro Jahr mit ein bis drei Millionen zusätzlichen Todesopfern durch Mangelernährung gerechnet werden; es gäbe regelmäßige Dürreperioden in Südeuropa und weiteren Regionen; das Ökosystem des Amazonas-Regenwalds würde möglicherweise teilweise oder ganz kollabieren; weltweit, aber vor allem in Afrika, wäre in den nächsten Jahrzehnten die Wasserversorgung von mehr als einer Milliarde Menschen in Gefahr, während gleichzeitig mehr als eine Milliarde Menschen im Süden und Osten Asiens mit zunehmenden Niederschlägen und damit verbundenen Überschwemmungsrisiken rechnen müssten; die Intensität von Stürmen, Waldbränden, Überflutungen und Hitzewellen würde zunehmen, der Eisschild in Grönland begäme irreversibel zu schmelzen, und bis zu 170 Millionen Menschen mehr als heute wären jährlich durch Überflutungen an den Küsten betroffen.
- Bei einem Temperaturanstieg von bis zu vier Grad Celsius wären in der Mittelmeerregion und im südlichen Afrika 30 bis 50 Prozent weniger Niederschlagswasser verfügbar, in einigen Regionen (unter anderem Teilen Australiens) wäre keine Landwirtschaft mehr möglich, in Afrika wären im Vergleich zu heute bis zu 80 Millionen Menschen mehr von Malaria bedroht, und bis zu 300 Millionen Menschen mehr als heute wären jährlich von Überflutungen an den Küsten betroffen.

- Bei einem Temperaturanstieg von bis zu fünf Grad Celsius gäbe es in vielen Regionen einen starken Rückgang der Ernteerträge, wahrscheinlich würden große Himalaja-Gletscher abschmelzen und damit die Trinkwasserversorgung von mehreren hundert Millionen Menschen in Indien und China gefährden, der Anstieg des Meeresspiegels würde große Städte wie London, Shanghai, New York, Tokio und Hongkong bedrohen, und aufgrund der Versauerung der Weltmeere wären die Fischbestände in Gefahr. Es bestünde ein erhöhtes Risiko von abrupten, großen Veränderungen des Klimasystems, z. B. durch ein Abreißen des Golfstroms oder das Abschmelzen des westantarktischen Eisschildes.

Stern geht davon aus, dass bis 2050 allein die Kosten von extremen Wetterereignissen 0,5 bis ein Prozent des globalen Bruttonationalprodukts erreichen können. Eine Zunahme der Orkanwindgeschwindigkeiten um fünf bis zehn Prozent wird die jährlichen Schadenskosten in den USA etwa verdoppeln, und Überflutungen könnten dort allein beim Getreideanbau schon in wenigen Jahrzehnten einen jährlichen Schaden in Höhe von drei Milliarden US-Dollar anrichten. Hitzewellen wie im Jahr 2003 in Europa mit 35 000 Toten und landwirtschaftlichen Verlusten von umgerechnet 15 Milliarden Dollar werden Mitte des Jahrhunderts zur Tagesordnung gehören.

Allerdings trifft der Klimawandel nicht alle Regionen der Welt gleich. Die industrialisierten Länder des Nordens werden in manchen Bereichen zuerst sogar profitieren. So wird die Nordostpassage vom Weißen Meer zur Beringstraße für Schiffe häufiger befahrbar sein, und die Bodenschätze am Nordpol werden möglicherweise erschlossen werden können. Hingegen werden die heute schon benachteiligten Regionen besonders hart getroffen. Auf den Malediven kündigte Präsident Anni Nasheed an, dass er für seine 300 000 Bürgerinnen und Bürger in Australien oder Indien eine neue Heimat kaufen wolle. Bis Mitte des Jahrhunderts werden vermutlich 200 Millionen Menschen aufgrund des steigenden Meeresspiegels sowie von Überflutungen und Dürren auf Dauer aus ihrer Heimat vertrieben werden. Bis zum Jahr 2100 könnten nach Stern allein im südlichen Asien und der Subsahara-Zone etwa 145 bis 220 Millionen Menschen zusätzlich unter die Armutsgrenze von zwei US-Dollar pro Tag rutschen, und jährlich könnten 165 000 bis 250 000 Kinder an den Folgen des Klimawandels sterben. Schmelzen die Eismassen auf dem Festland der polaren Breiten (Grönland, Antarktis), so sind durch den Meeresspiegelanstieg vier Millionen Quadratkilometer Land bedroht, auf denen derzeit fünf Prozent der

Erdbevölkerung leben. Auch wenn derartige Szenarien wie alle Modelle der Zukunftsbetrachtung mit sehr vielen Unwägbarkeiten behaftet sind – je ferner die Zukunft, desto mehr –, so wird doch die Grundtendenz hin zu einer Entwicklung mit katastrophalen Zügen von den allermeisten Wissenschaftlern weltweit nicht angezweifelt.

Diese Szenarien sind erschreckend. Es gibt darüber hinaus noch eine ganze Reihe von möglichen Auswirkungen des Klimawandels, die die Wissenschaft bisher noch nicht mit hinreichender Genauigkeit prognostizieren kann, weil es sich um Veränderungen komplexer ökosystemarer Zusammenhänge handelt: So wird eine ernsthafte Schädigung vieler blütenbesuchender Tierarten befürchtet, mit gravierenden Folgen für die Pflanzen, die sie bestäuben. Es wird auch eine Ausbreitung gefährlicher Viruserkrankungen für möglich gehalten, wie man sie bereits jetzt zum Beispiel bei der sogenannten Blauzungenkrankheit, einer für Rinder, Schafe und Ziegen gefährlichen Tierseuche, beobachten kann. Weiterhin ist eine Ausbreitung der Malaria nach Norden, etwa bis hin nach Mitteleuropa, zu befürchten, mit entsprechenden Kosten für das Gesundheitssystem.

In der Bundesrepublik Deutschland werden nach einer Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung bis zum Jahr 2050 insbesondere folgende unmittelbar wirtschaftlich relevante Auswirkungen des Klimawandels erwartet:

- Die Nachfrage nach technisch erzeugter Wärme im Winter wird sich reduzieren, dafür wird die Nachfrage nach technisch erzeugter Kühlung im Sommer steigen.
- Wasserknappheit wird in den Sommermonaten bei konventionellen Kraftwerken und bei Atomkraftwerken häufiger zu einer Unterversorgung mit Kühlwasser führen.
- Die Zahl hitzebedingter Krankheits- und Todesfälle wird ansteigen, hitzebedingte Krankheiten wie Malaria werden sich ausbreiten.
- Die Arbeitsproduktivität wird bei extremer Hitze abnehmen.
- Der Tourismus in den mitteleuropäischen Skigebieten wird abnehmen, in den weiter nördlichen Regionen wird er zunehmen.
- Ernteverluste werden ansteigen, Schädlinge sich ausbreiten und Anbaumethoden sich verändern.
- Der Wassermangel wird insbesondere im Süden und Osten Deutschlands in den Sommermonaten ebenso zunehmen wie die Waldbrandgefahr.

- Durch Überflutungsereignisse wird es zu einer Zunahme von Infrastrukturschäden und Schäden an Immobilien kommen.
- Dazu kommt die Schädigung von einzigartigen und bedrohten Ökosystemen, beispielsweise in den Hochgebirgen, in Feuchtgebieten und im Küstenraum.

## DER PREIS DES KOHLENSTOFFS

Die wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels werden üblicherweise berechnet, indem die eingetretenen oder erwarteten Schäden monetarisiert werden, wie es bereits jetzt bei Hochwasserereignissen oder Orkanen geschieht. Für die Bekämpfung des Klimawandels hat es sich als sinnvoll erwiesen, die ausgestoßene Menge CO<sub>2</sub> zu monetarisieren. Hierzu sind verschiedene Ansätze denkbar.

Eine Möglichkeit ist die Berechnung der „gesellschaftlichen Kosten des Kohlenstoffs“. Damit sind die Kosten gemeint, die durch die Folgeschäden des Ausstoßes einer bestimmten Menge an Treibhausgasen zu einem bestimmten Zeitpunkt verursacht werden. Nicht in Geld messbare Schäden, etwa der Verlust von Menschenleben, bleiben dabei unberücksichtigt. Da die Folgen des Klimawandels in Zukunft zunehmen, steigen nach dieser Bewertungsmethode auch die Kosten des Kohlenstoffs von Jahr zu Jahr. Dem Bericht des IPCC von 2007 zufolge wurden die gesellschaftlichen Kosten für eine im Jahr 2005 ausgestoßene Tonne Kohlendioxid auf durchschnittlich zwölf US-Dollar geschätzt. Die zukünftige Zunahme der Kosten wurde auf 2,4 Prozent pro Jahr geschätzt. Die mit dieser Methode errechneten Werte sind allerdings stark von den gewählten Eingangsdaten abhängig. Auch die Wahl des sogenannten Diskontierungs- oder Abzinsungsfaktors spielt dabei eine Rolle. Der Diskontierungsfaktor bewirkt, dass in der Zukunft liegende Schäden bei einer wirtschaftlichen Betrachtung geringer bewertet werden als ein heute eintretender Schaden in gleicher Höhe. Viele Experten halten es für unangemessen, bei einer gesamtgesellschaftlichen Betrachtung von Zukunftsoptionen eine ähnlich hohe Abzinsung zugrunde zu legen wie beim wirtschaftlichen Kalkül eines einzelnen Unternehmens. Manche Studien schätzen die gesellschaftlichen Kosten einer Tonne Kohlendioxid daher sogar auf mehrere hundert Dollar.

Eine grundsätzlich andere, sehr praxisorientierte Methode ist die Bestimmung des Kohlenstoffpreises auf der Grundlage des Marktgeschehens. Durch die Verpflichtung zum Erwerb von Emissionszertifikaten kann Verursachern ihr Anteil am CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Rechnung gestellt werden. Auf diese Weise werden sie dazu angehalten, diesen zu minimieren. Der Preis

der Emissionszertifikate hängt von den politischen Rahmenbedingungen ab (die wiederum z. B. durch die Reduktionsverpflichtungen der am Emissionshandel beteiligten Staaten beeinflusst werden), aber auch von der aktuellen Wirtschaftslage. Er unterliegt daher starken Schwankungen.

Zur Verdeutlichung des Beitrags, den die Natur zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Luft leistet, wird im Folgenden aus Gründen der Anschaulichkeit der Marktpreis für Emissionszertifikate im Emissionshandelssystem der EU verwendet. Dieser lag am 9. April 2009 bei 12,88 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>.

### DER KOHLENSTOFFKREISLAUF DER NATUR

Von den 66 Millionen Gigatonnen Kohlenstoff auf der Erde ist der bei weitem größte Teil im festen Gestein gebunden. Lediglich 0,02 Prozent, das sind ca. 12.666 Gigatonnen, verteilen sich auf die Atmosphäre, die oberen Schichten der Ozeane und die Biosphäre und sind mithin relevant für das Klimageschehen.

Über die Photosynthese werden jährlich weltweit ungefähr 120 Gigatonnen Kohlenstoff von Pflanzen aufgenommen. Legt man ein stark vereinfachtes Modell zugrunde, würden davon ohne weiteres Eingreifen des Menschen etwa 60 Gigatonnen von den Pflanzen selbst wieder durch ihre Atmung freigesetzt, etwa 60 Gigatonnen würden von den anderen Lebewesen aufgenommen und wieder abgegeben. Damit bestünde ein ungefähres Gleichgewicht zwischen Photosynthese und Atmung. Dieses Gleichgewicht kann aber nur so lange bestehen, wie sich Aufbau und Abbau von Pflanzenmaterial die Waage halten. Verschiebungen in die eine oder andere Richtung bewirken eine Festlegung oder Freisetzung von Kohlenstoffverbindungen.

Der vermehrte Ausstoß von Kohlendioxid in die Atmosphäre hat einen selbstverstärkenden Effekt. Ein dadurch verursachter Anstieg der Meerestemperatur mindert die Fähigkeit der Ozeane, Kohlendioxid zu binden. Ein ähnlicher Effekt besteht bei den Permafrost-Böden, die mit rund 23 Millionen Quadratkilometern etwa 15 Prozent der Landfläche der Erde ausmachen. Tauen diese Böden im Sommer teilweise auf, setzen sie verstärkt Kohlendioxid und Methan frei. Wenn die Erderwärmung weiter ansteigt, kann diese Freisetzung sogar die Menge an Klimagasen übertreffen, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt wird. Die Erderwärmung würde sich weiter beschleunigen, vor allem, weil Methan ein weitaus wirksameres Treibhausgas ist als Kohlendioxid.

In den letzten Jahren wurden jährlich etwa siebeneinhalb Gigatonnen

Kohlenstoff durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe ausgestoßen, weitere eineinhalb Gigatonnen wurden durch Änderungen der Landnutzung wie Roden von Wäldern, Trockenlegen von Mooren oder Umstellung der landwirtschaftlichen Wirtschaftsweise freigesetzt. Von diesen neun Gigatonnen verblieben ungefähr vier in der Atmosphäre, zwei wurden von den Ozeanen absorbiert. Die restlichen drei Gigatonnen Kohlenstoff wurden von natürlichen Kohlenstoffsinken an Land aufgenommen. Ohne diese abpuffernde Wirkung der Natur wäre der Klimawandel bereits deutlich stärker zu spüren. Wissenschaftler befürchten jedoch, dass auch die Senkenfunktion der Landökosysteme – unter anderem durch klimabedingte Schäden an der Vegetation – in Zukunft zurückgehen wird.

Am Beispiel der Wälder, der Moore und Sümpfe sowie des Ozeans soll der Zyklus der Freisetzung und Aufnahme von Kohlenstoff näher betrachtet werden.

### WALD, MOORE UND FEUCHTGEBIETE ALS KLIMASCHÜTZER

Weltweit verursachen die Vernichtung und Degradation von Wäldern, die Trockenlegung von Feuchtgebieten und nicht nachhaltige landwirtschaftliche Nutzungsformen etwa 20 Prozent der globalen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Schädigung von Ökosystemen setzt damit mehr CO<sub>2</sub> frei als der weltweite Verkehr.

Wälder machen mit 39 Millionen Quadratkilometern etwa ein Viertel der Landfläche der Erde aus. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz intakter oder sich regenerierender Wälder ist positiv: zum Aufbau von 1000 kg Holzbiomasse entzieht ein Baum der Atmosphäre 1851 kg CO<sub>2</sub>.

Naturwälder enthalten dabei auf gleicher Fläche in der Regel deutlich mehr Kohlenstoff als vergleichbare Wirtschaftswälder, denn die ungestörten Lebensvorgänge im Boden begünstigen den Aufbau von Biomasse und die Humusbildung, und auch die oberirdische Biomasse ist meist höher, da mehrschichtige und teilweise sehr artenreiche Pflanzengemeinschaften den Baumbestand ergänzen. Zudem haben natürliche Wälder einen hohen Anteil an Totholz, das mehr als zehn Prozent ihres gesamten Kohlenstoffvorrats ausmachen kann. Ungestörte Primärwälder können neueren Untersuchungen zufolge sowohl in den Tropen als auch in den gemäßigten und borealen Breiten trotz ihres teilweise sehr hohen Alters weiter Kohlenstoff akkumulieren. Eine abnehmende Biodiversität führt im Übrigen auch in von Gräsern gebildeten Pflanzengemeinschaften zu einer abnehmenden Biomasseproduktion und damit zu einer geringeren CO<sub>2</sub>-Bindungsfähigkeit.

Aber auch bewirtschaftete Wälder können einen beachtlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten, denn das bei der Ernte entnommene Holz kann je nach der weiteren Verwendung auf verschiedene Weise helfen, Treibhausgasemissionen zu vermeiden. Bei einer Verarbeitung zu langlebigen Produkten, beispielsweise als Möbel- oder Bauholz, bleibt ein großer Teil des durch die Photosynthese gebundenen Kohlenstoffs weiter gespeichert, zumindest bis die Produkte – oft erst nach vielen Jahren – entsorgt werden. Gleichzeitig können dabei durch das Holz andere, mit hohem Energieaufwand und entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen herzustellende Materialien ersetzt werden. Der Energieverbrauch bei der Verwendung von Holz als Baustoff steht im Vergleich zu Zement, Stahl oder Aluminium je nach Anwendung etwa im Verhältnis 1 : 4 : 24 : 126. Auch durch die Nutzung von Holz als Energieträger können im Vergleich zum Einsatz fossiler Brennstoffe Treibhausgasemissionen eingespart werden. So ersetzt ein Kubikmeter Holz bei der Verbrennung rund 220 Liter Heizöl oder 270 Kubikmeter Erdgas.

Um das Potenzial des Waldes für den Klimaschutz optimal zu nutzen, empfiehlt sich deshalb eine ganzheitliche Strategie, die neben dem Schutz von Naturwäldern auch eine nachhaltige, ressourcen- und klimaschonende Bewirtschaftung von Wäldern und einen sparsamen und effizienten Umgang mit den erzeugten Produkten umfasst. Neben der Verwendung als Energieträger sollte Holz insbesondere dort eingesetzt werden, wo es andere, energieaufwendigere Materialien ersetzen kann.

Aufgrund der besonders hohen Kohlenstoffgehalte in Wäldern, die über längere Zeiträume ungenutzt geblieben sind, sollten sich Schutzbemühungen insbesondere auf die verbliebenen großen Urwaldregionen, in Mitteleuropa auf ausgewählte naturnahe Waldgebiete konzentrieren. Das Potenzial von Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen aus Entwaldung und Walddegradation in Entwicklungsländern ist bei den Verhandlungen zu einer Weiterentwicklung des internationalen Klimaregimes in den letzten Jahren zu einem wichtigen Diskussionsthema geworden.

Einen besonderen Fall stellen die Mangrovenwälder dar, die einen großen Teil der tropischen Meeresküsten besiedeln. Da die Bäume im Flachwasser der Gezeitenzone stehen, wird regelmäßig ein Teil des mit dem Laubfall auf den Grund gelangenden Kohlenstoffs von der Flut hinaus aufs offene Meer gespült. Forscher stellten fest, dass der auf diese Weise in die Ozeane gelangte organische Kohlenstoff etwa 26 Millionen Tonnen pro Jahr und damit mehr als ein Zehntel der insgesamt vom Land aus eingetragenen Menge ausmacht – ein weiterer Grund, die anhaltende Vernichtung der Mangrovenürtel mit Sorge zu betrachten.

In Deutschland ist mit 11,1 Millionen Hektar etwa ein Drittel der Landfläche bewaldet. Der weitaus überwiegende Teil dieser Fläche wird forstlich bewirtschaftet. Der jährliche durchschnittliche Holzzuwachs lässt sich mit etwa neun Festmetern pro Hektar angeben. Wenn man den Wert des darin enthaltenen Kohlenstoffs auf der Grundlage des oben genannten Preises von 12,88 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> berechnet, so ist die Senkung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft durch die deutschen Wälder etwa 865 Millionen Euro pro Jahr wert.

In der Schweiz wuchs der Holzbestand zwischen 1993 und 2006 jährlich um 1,51 Millionen Kubikmeter. Die dadurch bewirkte CO<sub>2</sub>-Bindung betrug 2,5 bis drei Millionen Tonnen pro Jahr. Das entspricht fünf bis sechs Prozent der Emissionen der Schweiz und Emissionszertifikaten im Wert von ca. 12,5 Millionen Euro.

Auch Moore und Feuchtgebiete speichern CO<sub>2</sub>, sowohl in den lebenden Pflanzen als auch in den Torfschichten. Weltweit sind das 270 bis 255 Gigatonnen Kohlenstoff, in Deutschland bei 1,3 Millionen Hektar Fläche 0,4 Gigatonnen Kohlenstoff. Da das Torfwachstum ein sehr langsamer Prozess ist, war der Aufbau dieser Kohlenstoffvorräte nur durch eine über Jahrtausende hinweg anhaltende Entwicklung möglich. Hingegen emittieren die jährlich weltweit zerstörten Moore etwa drei Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Beim Abbau organischer Substanz wird in Mooren in den oberen Schichten unter Sauerstoffzufuhr CO<sub>2</sub> gebildet. In den vom Sauerstoff abgeschlossenen tieferen Schichten kann unter bestimmten Bedingungen Methan entstehen. Betrachtet man die Bilanz zwischen abgelagertem Kohlenstoff und Ausstoß von CO<sub>2</sub>, sind intakte Moore Treibhausgasenken, d. h., sie nehmen mehr Kohlenstoff auf, als sie wieder an die Atmosphäre abgeben. Bezieht man die Abgabe von Methan in die Bilanz mit ein, so sind die Moore in der gängigen, auf einen Zeithorizont von 100 Jahren bezogenen Betrachtungsweise bereits heute Treibhausgasproduzenten. Dies liegt daran, dass Methan zwar eine kürzere Verweildauer in der Atmosphäre, aber gleichzeitig eine stärkere Treibhauswirkung als Kohlendioxid hat. Je länger der Betrachtungszeitraum ist, desto positiver stellt sich die Bilanz dar. Beim Abbau des Torfs oder der Umwandlung der Moore in landwirtschaftliche Flächen oder in Wald verstärkt sich der Beitrag zum Treibhauseffekt dramatisch, da auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz negativ wird, d. h., die Moore geben mehr CO<sub>2</sub> ab, als sie aufnehmen.

Aufgrund von Landnutzung sind in Deutschland ca. 90 Prozent aller Moore entwässert. Durch die damit verbundene Zersetzung des Torfs und

den Nutzungseinfluss stellen sie eine starke Quelle für die Treibhausgase  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$  dar. Emissionen aus Moorböden machen derzeit ca. 2,5 bis fünf Prozent der Gesamtemissionen Deutschlands aus, das entspricht zwischen 23 und 44 Millionen Tonnen  $\text{CO}_2$ -Äquivalente Treibhausgase pro Jahr. Nach Berechnungen des vom BMBF geförderten FuE-Vorhabens „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ könnte eine klimafreundlich durchgeführte Renaturierung der dränierten Moore Deutschlands theoretisch bis zu 35 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente pro Jahr einsparen und gleichzeitig zur Erhaltung der natürlichen biologischen Vielfalt von Moorökosystemen beitragen.

Wie der Wald sind auch die intakten Moore nur bedingt belastbar. Die Zunahme des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Atmosphäre, Überdüngung mit Stickstoff und stärkere Austrocknung durch die Erderwärmung verändern ihre  $\text{CO}_2$ -Bilanz.

### EINE ANGEPASSTE LANDNUTZUNG UNTERSTÜTZT DEN KLIMASCHUTZ

Mit angepassten Formen der landwirtschaftlichen Nutzung, bei denen Erosion und Humusabbau vorgebeugt bzw. die Humusbildung gefördert wird, kann die Klimabilanz der Böden verbessert werden. Viele hierzu geeignete Landnutzungsoptionen, etwa der ökologische Landbau, unterstützen auch die Anpassung an den Klimawandel. Ökologisch bewirtschaftete Böden weisen i. d. R. einen höheren Humusgehalt auf und können somit mehr Kohlenstoff einlagern. Zurückzuführen ist dies auf kohlenstoffanreichernde Bewirtschaftungsmethoden wie

- die Verwendung hoher Kleeanteile (Klee grasbestände) als Bestandteil in der Fruchtfolge,
- den Anbau mehrjähriger Kulturen (Klee gras), der für eine erhöhte Bodenruhe sorgt,
- den hohen Anteil an Gründüngern (Zwischenfrucht bau) und
- die Ausbringung von wirtschaftseigenen Düngern (meist auf Strohbasis).

Unter Anwendung all dieser Maßnahmen, hat der ökologische Landbau ein Kohlenstoff-Anreicherungs potenzial von 0,5 Tonnen C pro Hektar und Jahr, d. h., grundsätzlich ist der ökologische Landbau in puncto Humusanreicherung und Klimaschutz positiver als die konventionelle Landwirtschaft einzuschätzen.

Auch die Erhaltung von Grünland dient dem Klimaschutz. Aufgrund einer ausgeprägten Wurzelmasse, dem zusätzlichen Eintrag organischer Substanz durch Gräser sprossen sowie einer geringeren Störung des Bodenregimes fallen die Bodenkohlenstoffvorräte in Grünlandböden erheblich höher aus als in Ackerböden. Bei Störungen des Bodenregimes, wie sie beispielsweise bei Grünlandumbruch auftreten, wird ein bedeutender Anteil des Bodenkohlenstoffes mineralisiert und in Form von  $\text{CO}_2$  freigesetzt. Zwischen 20 und 40 Prozent bzw. 20 und 35 Tonnen C pro Hektar und Jahr des ursprünglichen Bodenkohlenstoffes kann infolge einer solchen Landnutzungsänderung mineralisiert werden. Die Umwandlung von Grünland in Ackerflächen kann somit eine bedeutende Treibhausgas-Quelle sein.

Diese Beispiele machen deutlich: Es gibt zahlreiche Synergien zwischen Klimaschutz und Naturschutz. Naturschutz und die Erhaltung von Ökosystemleistungen sind deshalb eine wichtige Voraussetzung, um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen. Viele Naturschutzmaßnahmen sind gleichzeitig praktizierter Klimaschutz. Ein effektiver Klimaschutz braucht daher den Naturschutz.

### DIE ROLLE DER OZEANE FÜR DEN KLIMASCHUTZ

Bei der Regulierung unseres Klimas spielen marine Ökosysteme eine wichtige Rolle. Es gibt einen regen Austausch von  $\text{CO}_2$  und anderen Gasen zwischen den Ozeanen und der Atmosphäre. Dieser hängt von Faktoren wie Meeresströmungen, pH-Wert und Temperatur des Wassers ab. Ozeane können  $\text{CO}_2$  auch über längere Zeiträume aus der Atmosphäre entziehen und in den Sedimenten und Kalkverbindungen ablagern. Damit spielen die Meere eine zentrale Rolle im Kohlenstoffkreislauf unseres Planeten. Sie haben bisher rund ein Drittel der anthropogenen  $\text{CO}_2$ -Emissionen aufgenommen. Da sie mehr als zwei Drittel der Erdoberfläche bedecken, nehmen sie außerdem den überwiegenden Teil der Sonnenwärme auf und prägen als Temperaturregulator unser Klimasystem.

Eine besondere Rolle bei der Bindung von Kohlenstoff im Meer spielt das Phytoplankton. Allein in den britischen Gewässern bindet es etwa 0,1 Prozent der globalen Kohlenstoffproduktion. Die Höhe der dadurch vermiedenen Schäden wird allein für Großbritannien auf 475 Millionen Euro bis 9,57 Milliarden Euro geschätzt.

Die Natur kann den anthropogenen Treibhauseffekt abmildern, sie kann ihn aber nicht aufhalten oder gar rückgängig machen.  $\text{CO}_2$  ist eine äußerst stabile chemische Verbindung. Sie reagiert nicht mit anderen Gasen und zersetzt sich nicht. Zwar können die Ozeane Kohlendioxid aufnehmen und

in ihren tieferen Schichten dauerhaft binden, doch sind das langfristige Prozesse. Der Mensch als Verursacher des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes trägt die Verantwortung für seine Reduzierung und die Begrenzung seiner schädlichen Folgen. Klimapolitik muss deshalb auch den Schutz der Natur einbeziehen.

Dies dient nicht nur der Verringerung des Treibhauseffekts, sondern hilft auch, seine negativen Folgen für den Menschen abzumildern. Denn „gesunde Ökosysteme sind gegenüber dem Klimawandel unempfindlicher und daher besser in der Lage, die Ökosystemdienstleistungen aufrechtzuerhalten, von denen unser Wohlstand und Wohlergehen abhängt. Sie sind der Kernpunkt jeder Anpassungspolitik. Deshalb müssen die Belastungen, die für die Fragmentierung, die Verschlechterung, die übermäßige Nutzung und die Verschmutzung von Ökosystemen verantwortlich sind, reduziert werden.“ (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2007)

Das Spektrum der Leistungen der Natur, die bei der gesellschaftlichen Anpassung an den Klimawandel helfen können, ist breit und reicht von der ausgleichenden Wirkung von Grünflächen auf das Stadtklima über die Wasserspeicherung in Mooren und Wäldern bis zur genetischen Vielfalt von Baumarten, die zur Stabilität von Wäldern unter sich ändernden Umweltbedingungen beiträgt.

Die Rolle von Ökosystemen bei der Vorsorge gegen Naturkatastrophen, die im Zuge des Klimawandels zunehmen könnten, wird im folgenden Kapitel noch eingehender behandelt.

#### Zum Weiterlesen

Akademien der Wissenschaften (2007): *Joint Science Academies Statement: Climate Change Adaptation and the Transition to a Low Carbon Society*. Academia Brasileira de Ciências (Brazil), Royal Society of Canada (Canada), Chinese Academy of Sciences (China), Académie des Sciences (France), Deutsche Akademie der Naturforscher (Leopoldina, Germany), Indian National Science Academy (India), Accademia dei Lincei (Italy), Academia Mexicana de Ciencias (Mexico), Russian Academy of Sciences (Russia), Academy of Science of South Africa (South Africa), Royal Society (United Kingdom), National Academy of Sciences (United States of America), [http://www.leopoldina-halle.de/cms/fileadmin/user\\_upload/G8\\_Statement\\_Climate.pdf](http://www.leopoldina-halle.de/cms/fileadmin/user_upload/G8_Statement_Climate.pdf)

IPCC (2007): *Climate Change 2007*. Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Stern N (2006): *Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels*. Executive Summary, Deutsche Version, [http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/Stern\\_Review\\_148906b\\_LONG\\_Executive\\_Summary\\_GERMAN.pdf](http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/Stern_Review_148906b_LONG_Executive_Summary_GERMAN.pdf)

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Wie die Natur gegen Naturkatastrophen schützt

Naturkatastrophen wie Stürme, Hochwasser, Wald- und sonstige Flächenbrände sowie Lawinen haben die Menschheit immer begleitet. Seit sich das Klima spürbar erwärmt hat, haben sie jedoch an Häufigkeit und Heftigkeit zugenommen und mit ihnen die Zahl der Opfer und die Summe der wirtschaftlichen Schäden. Manches Naturereignis ist erst zu einer Katastrophe ausgewachsen, weil der Mensch zu sehr in die Natur eingegriffen hat. Umgekehrt hilft die Natur dort, Katastrophen vorzubeugen und vor ihnen zu schützen, wo der Mensch im Umgang mit ihr aus seinen Fehlern gelernt hat. Der Wert eines solchen natürlichen Katastrophenschutzes lässt sich nur schwer exakt berechnen. Allerdings kann man diesen Wert an den vermiedenen Schäden oder den Kosten technischer Ersatzlösungen ablesen. Es gibt allerdings Funktionen des Ökosystems, deren Störung durch menschliche Einwirkung katastrophale Auswirkungen haben kann, deren ökonomische Bewertung gleichwohl mehr ein hypothetisches Zahlenspiel ist. Es soll dazu dienen, den Blick auf die Zusammenhänge zu schärfen.

### ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN GEGEN HOCHWASSER

Im Gefolge des Klimawandels ist auch Deutschland immer häufiger mit extremen Wetterereignissen konfrontiert. Die ökonomischen Schäden, die sie verursachen, sind in den letzten drei Jahrzehnten um den Faktor 15 gestiegen. Seit 1998 haben Hochwasser in Europa über 700 Menschenleben gefordert, eine halbe Million Menschen obdachlos gemacht und über 25 Milliarden Euro an versicherten Schäden verursacht – die tatsächlichen Schäden liegen noch um ein Vielfaches darüber. Allein das „Jahrhunderthochwasser“ 2002 entlang der Donau und der Elbe kostete 21 Menschenleben und verursachte in Deutschland einen Schaden von etwa 9,2 Milliarden Euro. Die Allianz-Versicherung, die von den Schäden am stärksten betroffen war, erhöhte daraufhin ihre Prämien um sieben Prozent und kündigte an, ihre Gefährdungskategorien um die zusätzlichen Risikofaktoren „Starkregen“ und „Deichschutz“ zu erweitern. Der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) schätzt, dass durch die Einbeziehung dieser Risikofaktoren der Anteil der nicht versicherbaren Gebiete entlang von Flussläufen von derzeit zehn Prozent auf 20 bis 25 Prozent steigt.

Im vergangenen Jahr meldeten die Nachrichten fast wöchentlich neue Katastrophen aus allen Teilen der Erde, die von Überflutungen verursacht wurden: Anfang Mai 2008 standen ganze Landstriche in Myanmar unter Wasser, die Behörden sprachen von 85 000 Toten, weitere 54 000 Personen gelten amtlich immer noch als vermisst. Ende Mai 2008 hieß es in etlichen Regionen Nordhessens „Land unter“, wenige Wochen später forderte ein örtlicher Starkregen im Zollernalbkreis (Baden-Württemberg) zwei Todesopfer und verursachte Schäden in Millionenhöhe. Im Juni 2008 folgte auf Dauerregen eine riesige Flutwelle auf dem Mississippi. Sie brachte Deiche zum Einsturz und bedrohte über elf Millionen Menschen im Mittleren Westen der USA. Am 9. Februar 2009 ging in London und Südengland in 24 Stunden so viel Regen nieder wie sonst in einem ganzen Monat. Autobahnen und Straßen wurden wegen Hochwassers gesperrt, auf den überfluteten Straßen mussten etwa 30 Menschen aus ihren Autos von der Feuerwehr befreit werden.

Die Gesamtschäden des Jahres 2008 summieren sich auf über 200 Milliarden US-Dollar, versichert davon waren nach Angaben der Münchner Rück Schäden in Höhe von 45 Milliarden US-Dollar. Die Bilanz weist 2008 als das Jahr mit der dritthöchsten Summe volkswirtschaftlicher und versicherter Schäden aus, die durch Naturkatastrophen verursacht wurden. Die Schadenssumme steigt auch deshalb so kräftig, weil die Küstenregionen, die vom Klimawandel besonders betroffenen sind, stärker besiedelt sind. Schreibt man die Schadensbilanz der Münchner Rück fort, so werden die Kosten bis zum Jahr 2050 um das Zehnfache auf über 600 Milliarden Euro steigen.

Von extremen Niederschlägen aufgrund der Klimaveränderung sind in Deutschland in erster Linie Mittel- und Südwestdeutschland betroffen, dort können sich die Schäden in den kommenden 50 Jahren auf bis zu 800 Milliarden Euro anhäufen. Die errechneten Gesamtkosten, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind, liegen für Baden-Württemberg bei 129 Milliarden Euro, gefolgt von Bayern mit 113 Milliarden Euro und Niedersachsen mit 89 Milliarden Euro.

Diese Aussichten machen eine effektive Vorsorge umso dringlicher. Effektiv ist eine Vorsorge, die nachhaltig wirkt. Naturschutz hilft dabei. Die Freihaltung und Renaturierung von Überschwemmungsgebieten und Auenwäldern, die naturnahe Gestaltung von Bachläufen sowie weniger Bodenversiegelung können verhindern, dass große Niederschlagsmengen in Rekordzeit die Flüsse erreichen und diese über die Ufer treten lassen. Hingegen bieten immer höhere Deiche nicht nur einen schlechteren Schutz, sie sind auch teurer. Nach Angaben des WWF-Aueninstituts in Rastatt

kostet eine vorbeugende naturverträglichere Flussbewirtschaftung höchstens ein Zehntel der nachträglichen Reparatur der Hochwasserschäden. Und auch der Hochwasserschutz durch Verbauungen ist teuer. Allein ein Kilometer Deichneubau entlang der Elbe kostet 2,1 Millionen Euro. Für die 200 Flusskilometer des Rheins zwischen Iffezheim und Bingen wird im Fall einer Überschwemmung mit einem Schadenspotenzial von rund sechs Milliarden Euro gerechnet, die Umsetzung des sogenannten Integrierten Rheinprogramms, das gleichzeitig dem Hochwasserschutz und dem Naturschutz dient, würde für diesen Flussabschnitt etwa 500 Millionen Euro kosten. Eine Investition, die sich lohnt, wird doch das betroffene Gesamtvermögen in den hochwassergefährdeten Gebieten am gesamten Rhein von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins auf 1,5 Billionen Euro geschätzt. An der Elbe wird der Nettonutzen einer Rückverlegung der Deiche, bei der 10 000 bis 15 000 Hektar Überflutungsfläche gewonnen werden, auf 854 Millionen bis 1,07 Milliarden Euro beziffert.

Neben technischen Verbauungen und der Schaffung zusätzlicher Retentionsräume hilft auch eine extensivere Forst- und Landwirtschaft, die Schäden zu verringern. Studien der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft zeigen, dass die Böden im ökologischen Landbau doppelt so viel Wasser aufnehmen können wie die im konventionellen Anbau. Der Grund liegt u. a. in der größeren Vielfalt des Bodenlebens, einer besseren Fruchtfolge und einer deutlich geringeren mechanischen Verdichtung der Böden. Auch im bergigen Gelände hat die Natur einen großen Einfluss auf den Hochwasserschutz. Vor allem bei einem kurzen und intensiven Starkregen können Wälder eine Dämpfung der Hochwasserwelle in den Flüssen bewirken. Dies ist vor allem der Fähigkeit des Waldbodens zur Wasserspeicherung zu verdanken, die er aufgrund des Bodenaufbaus und der geringen Verdichtung hat. Des Weiteren hat Wald auch eine höhere Verdunstungsrate.

Eine Studie der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft vergleicht die Wasserrückhaltefunktion der Bergwälder mit den Kosten für eine technische Wasserrückhaltung und kommt dabei auf einen flächenspezifischen Mehrwert von bis zu 2000 Euro pro Hektar, beim Auwald sind es sogar bis zu 20 000 Euro pro Hektar.

## FEUCHTGEBIETE UND MANGROVENWÄLDER DIENEN DEM KÜSTENSCHUTZ

Wie an den Flüssen, so steigt auch an den Küsten das Risiko von Überschwemmungen. Der Klimawandel bewirkt eine Erhöhung des Meeresspiegels und eine Zunahme starker Stürme.

Über 1800 Kilometer Deiche sowie zahlreiche Sperrwerke schützen die deutschen Küsten der Nordsee vor Hochwasser und gefährlichen Sturmfluten. Die zu sichernde deutsche Ostseeküste hat, ohne die Bodden- und Haffküsten, eine Länge von ca. 700 Kilometer, ein Zehntel davon ist durch Deiche geschützt. Seit 1962 wurden in Schleswig-Holstein rund 1,5 Milliarden Euro für den Küstenschutz ausgegeben, 350 Kilometer Deiche sichern das Land, von dem fast 25 Prozent, das sind rund 3700 Quadratkilometer, zu den sogenannten überflutungsgefährdeten Küstenniederungen zählt. In diesem Raum leben rund 345 000 Menschen und befinden sich Sachwerte in Höhe von 47 Milliarden Euro.

Feuchtgebiete an den Küsten nehmen eine große Menge Wasser auf und geben sie langsam wieder ab, sie können einen Großteil der Energie von Wellen brechen. Der Wert dieser Schadensprävention wird in einer Meta-Analyse von Feuchtgebieten weltweit auf jährlich 211,5 US-Dollar pro Haushalt in den betroffenen Gebieten taxiert. In einer anderen Studie wird dieser Wert mit 464 US-Dollar pro Hektar Feuchtgebiet und Jahr angegeben.

In den gemäßigten Breitengraden stabilisieren und schützen vor allem Seegraswiesen und Salzmarschen die Küstenzonen und deren Sedimente. In den Niederlanden wird dem Beitrag des Wattenmeeres zur Flutprävention ein Wert von 189 Millionen US-Dollar pro Jahr beigemessen. An Englands Küsten gibt es etwa 45 500 Hektar Salzmarschen, der überwiegende Teil davon ist den Deichen vorgelagert. Im Vergleich zu dem Kapital, das künstliche Schutzmaßnahmen kosten, erbringen sie pro Hektar einen ökonomischen Vorteil von 430 000 bis 800 000 Euro und ersparen an den Deichen zusätzlich 7100 Pfund Sterling an jährlichen Erhaltungskosten. Manche Studien schätzen die Kosten sogar annähernd doppelt so hoch und verweisen auf das Beispiel von Essex, wo der Verlust von Salzmarschen Verbauungen für 1,2 Milliarden Pfund Sterling nötig machte.

Tornados, Hurrikans und Flutwellen richten in den USA durchschnittlich Schäden von 11,4 Milliarden US-Dollar pro Jahr an. Küstenstürme haben einen Anteil von 71 Prozent an den Verlusten durch Naturkatastrophen. Allein der Hurrikan „Katrina“ verursachte Sachschäden von mindestens 150 Milliarden Euro, forderte unzählige Tote und führte innerhalb weniger Tage zu einem globalen Anstieg des Ölpreises um 24 Euro. Das Ausmaß an Zerstörungen durch „Katrina“ ist, nach Ansicht des Geologen Shea Penland von der Universität von New Orleans, nicht allein der Klimaerwärmung geschuldet, sondern auch der Begradigung des Mississippi und dem Rückgang der natürlichen Sumpfböden an der Küste Louisianas.

Auch natürliche Strukturen wie Mangrovenwälder und Korallenriffe tragen weltweit zum Küstenschutz bei und sind meist kostengünstiger und effektiver als technische Verbauungen. Nach der Tsunami-Katastrophe vom Dezember 2004 wurde klar, wie wichtig der Schutz von Korallenriffen und Mangrovenwäldern für einen wirksamen Küstenschutz ist. Sie helfen, Flutwellen zu brechen. Ein internationales Forscherteam fand bei der Untersuchung von 24 betroffenen Küstengebieten auf Sri Lanka heraus, dass ökologisch intakte Mangrovenwälder mit den in der Region typischen Baum- und Pflanzenarten einen wirksameren Schutz vor Flutwellen bieten als degradierte Wälder. Deshalb plädierten sie dafür, bei einem Tsunami-Frühwarnsystem auch die ökologische Qualität der Küstenwälder zu überwachen.

Ein Hektar intakter Mangrovenwald ist nach Angaben des Umweltprogramms der Vereinten Nationen ca. 800 Euro wert, wenn man seinen Beitrag zum Küstenschutz, seine Funktion als natürlicher Schadstofffilter und als Kinderstube für Fische berechnet. Wird er trockengelegt, sinkt sein produktiver Wert auf ca. 100 Euro. Hingegen wird in Malaysia der Wert der Mangrovenwälder für den Schutz vor Stürmen und Flutwellen auf 300 000 US-Dollar pro Kilometer Küste geschätzt. Das ist die Summe, die für eine künstliche Verbauung aufgebracht werden müsste. Im vergangenen Jahrzehnt sind eine Million Hektar Mangrovenwälder verschwunden.

Auch Korallenriffe brechen die Gewalt von Stürmen und Flutwellen. Der Beitrag von Korallenriffen zum Küstenschutz weltweit lässt sich auf neun Milliarden US-Dollar veranschlagen. Nach dem Tourismus ist der Küstenschutz diejenige Funktion von Korallenriffen, die die höchsten ökonomischen Werte aufweist. In Sri Lanka wurden an den südlichen und westlichen Küsten etwa 40 Zentimeter Land pro Jahr durch Erosion weggespült, nachdem die vorgelagerten Korallenriffe geschädigt wurden. Für Küstenverbauungen, die der Erosion entgegenwirken, wurden bisher mehr als 30 Millionen US-Dollar aufgewendet, das sind 246 000 bis 836 000 US-Dollar pro Kilometer Küste. In der Karibik schützen Korallenriffe etwa 21 Prozent der gesamten Küstenlinie, das sind 18 000 Kilometer. Berechnet man den ökonomischen Wert dieses Schutzes anhand einer ansonsten notwendigen künstlichen Verbauung, so kommt ein Betrag von 50 000 bis 800 000 US-Dollar je Kilometer zu Stande. Zieht man den Entwicklungsgrad des betroffenen Hinterlandes in Betracht, so lässt sich der Nutzen auf 2000 bis 1 000 000 US-Dollar je Kilometer beziffern. Für den karibischen Raum lässt sich der Wert der Schutzfunktion der Korallenriffe auf 750 Millionen bis 2,2 Milliarden US-Dollar pro Jahr veranschlagen.

Korallenriffe und andere natürliche Küstenstrukturen erfüllen ihre Schutzfunktion umsonst. Deutlich teurer kommt der Bau künstlicher Küstenbefestigungen. Diese Erkenntnis ist vor allem für arme Länder bedeutsam, die sich teure Befestigungen nicht leisten können. Der „Preis“, den sie für den Gratis-Schutz allerdings zahlen müssen, ist der Erhalt der ökologischen Unversehrtheit der natürlichen Küstenstrukturen.

### BÄUME HALTEN LAWINEN AUF

In der Schweiz sterben im Durchschnitt 25 Menschen pro Jahr in Schneelawinen. Im Winter 1998/99 beliefen sich die direkten Schäden durch die Einwirkung von Lawinen oder große Schneemengen auf Gebäude, Verkehrswege, Bergbahnen, durch Wald- und Flurschäden und den Räumungsaufwand auf fast 290 Millionen Euro, die indirekten Schäden durch Einbußen im Tourismus betragen zusätzlich noch einmal 120 Millionen Euro. Allerdings war 1999 mit mehr als 3000 Lawinenabgängen in der Schweiz ein besonders schlimmes Katastrophenjahr. Der schwerwiegendste dieser Abgänge traf am 23. Februar 1999 die Ortschaft Galtür. 100 Menschen wurden verschüttet, 31 von ihnen starben, elf wurden schwer verletzt. Die Lawine zerstörte bzw. beschädigte 60 Gebäude und ca. 100 Personenkraftwagen. 45 Hubschrauber und 380 Helfer des Bergrettungsdienstes waren im Einsatz.

Technische Schutzmaßnahmen gegen Lawinen reichen oftmals nicht aus und sind sehr teuer. So kostet die künstliche Lawinenverbauung pro laufendem Meter etwa 470 Euro (Holz), 1200 Euro (Stahl) oder gar 20 000 Euro (Lawingalerie). Eine Lawinenverbauung mit Stahlwerken kostet rund 660 000 Euro pro Hektar.

Kostengünstiger und womöglich auch effizienter ist der natürliche Lawinenschutz durch intakte Bergwälder. Sie können die Entstehung von Lawinen effektiv stoppen, weil sie deren Anbrechen verhindern können. Auf Freiflächen schützt künstliche Verbauung, aber vor allem ist auch eine adäquate Bewirtschaftung wichtig, denn wo die Berghänge nicht mehr durch die Alplandwirtschaft gemäht bzw. vom Vieh abgefressen werden und langes, überständiges Gras liegt, bilden sich deutlich schneller Lawinen. Deshalb wird diese Form der Bewirtschaftung heute vielfach mit öffentlichen Mitteln gefördert.

In der Schweiz liegen etwa 40 bis 60 Prozent der gesamten Waldfläche als immergrüner Nadelwald in Höhenlagen bis zur natürlichen Baumgrenze bei etwa 2000 Metern und bilden den wichtigsten Lawinenschutz. Ihr volkswirtschaftlicher Wert wird auf 2,64 Milliarden Euro pro Jahr be-

ziffert. In Tirol liegt der Anteil des Schutzwaldes bei mehr als 66 Prozent, und in der Autonomen Region des Aostatal in Italien haben sogar etwa 80 Prozent der Wälder eine Schutzfunktion. Das Innsbrucker Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement errechnet den volkswirtschaftlichen und sozioökonomischen Wert eines Hektars Schutzwald anhand der durch ihn vermiedenen Lawinenschäden und kommt auf einen Betrag von 10 000 Euro jährlich. Auch wenn solche Berechnungen immer etwas hypothetisch anmuten, so veranschaulichen sie doch eindrucksvoll, welche Bedeutung einer intakten Bewaldung der Berge zukommt.

### FEUCHTGEBIETE FILTERN DAS GRUNDWASSER

Die Rolle der Natur im Grund- und Trinkwasserschutz lässt sich ebenfalls am deutlichsten an den Kosten ermessen, die ohne ihr Wirken bei der Schadensbegrenzung und -beseitigung anfallen würden. Naturschutz trägt dazu bei, technische Reinigungskosten zu senken. So verringern Flussauen durch ihre Senkenfunktion die Stickstofffracht von Flüssen und begrenzen dadurch die Kosten für die Abwasserreinigung in Kläranlagen. Eine Studie an der Elbe kam zu dem Ergebnis, dass im betroffenen Gebiet ein Hektar renaturierte Elbaue die Stickstofffracht um ca. 200 Kilogramm reduziert, das entspricht einem monetären Wert von 585 Euro je Hektar. Der ökonomische Wert der Nährstoffrückhaltung entlang der Elbe wird auf neun bis 26 Millionen Euro veranschlagt. Dieser Betrag ergibt sich aus den ansonsten anfallenden Kosten für eine angepasste Landwirtschaft oder den ansonsten anfallenden Kosten für die Trinkwasserbehandlung.

Feuchtgebiete erfüllen eine wichtige Funktion als Wasserfilter. Der wirtschaftliche Nutzen dieser Funktion wird auf rund 288 US-Dollar pro Hektar und Jahr für alle nach der Ramsar-Konvention weltweit geschützten Feuchtgebiete veranschlagt. Der summierte Ertrag dieser Feuchtgebiete beläuft sich auf 14,6 Milliarden US-Dollar. Weitere 23,6 Milliarden US-Dollar (464 US-Dollar pro Hektar) erwirtschaften die untersuchten Feuchtgebiete durch den Hochwasserschutz. Dies ergab eine Synthesestudie, in der die Ergebnisse von 89 Fallstudien aus aller Welt zusammengefasst wurden.

Eine ähnliche Filterfunktion kommt auch dem Wald zu. So stammen fünfzig Prozent des bayerischen Trinkwassers mit einem jährlichen Wert von über 500 Millionen Euro aus dem Wald, und die Leistungen des Waldes in Baden-Württemberg für den Wasserschutz werden mit mindestens 35 Euro pro Hektar berechnet.

## BIOINDIKATOREN UND BIOMONITORING

Bergleute nahmen früher Kanarienvögel mit in die Zechen – wenn diese von ihrer Stange fielen, war das ein sicheres Zeichen für das Vorhandensein von Grubengas. Die Vögel sind ein frühes Beispiel für einen Bioindikator. Bioindikation dienen der qualitative Erfassung von Umwelteinflüssen („Ist ein Schadstoff vorhanden oder nicht?“), während unter Biomonitoring deren quantitative Erfassung verstanden wird („Wie hoch ist die Schadstoffbelastung?“). Es gibt drei Arten von Bioindikatoren:

1. Zeigerarten helfen bei der Bewertung einer bestimmten Umweltsituation (z. B. bestimmte Pflanzengemeinschaften zur Bewertung der Bodenqualität im Ackerbau).
2. Testarten sind Arten, deren Organismus schnell auf Umweltveränderungen reagiert. Hefepilze reagieren auf mehr als 60 Umweltchemikalien durch den Rückgang ihrer Fähigkeit, sich zu vermehren – mit ihnen lässt sich innerhalb einer halben Stunde ein entsprechender Test durchführen. Die Karpfenart Goldorfen und Wasserflöhe reagieren sensibel auf Verunreinigungen des Wassers, deshalb werden sie in manchen Wasserwerken eingesetzt, um anhand ihrer Verhaltensweise die Wasserqualität zu überwachen.
3. Monitorarten zeigen schleichende Veränderungen in einem Ökosystem. So lassen sich durch die Zusammensetzung der Arten in einem Bach nach einer standardisierten Zählmethode die Gewässergüteklassen unterscheiden. Für die Analyse von Luftschadstoffen werden Moose und Flechten und Kulturpflanzen wie Graskultur, Grünkohl, Kleine Brennnessel und Tabak genutzt. Auch bei der Erfassung des Klimawandels spielen Bioindikatoren eine wichtige Rolle. Arteninventare oder das Verhalten der Zugvögel geben Aufschluss über Veränderungen. Zur Bestimmung der Klimaentwicklung in früheren Epochen werden Baumringe und Pollen analysiert. Zum Monitoring eignen sich auch alle Tiere, die am Ende der Nahrungskette stehen, denn in ihnen reichern sich verschiedene Stoffe an, die von den Gliedern dieser Kette aufgenommen wurden. Das reicht vom den chlorierten Kohlenwasserstoffen PCB und DDT in Gewebeproben von Eisbären über den Quecksilbergehalt im Gefieder von Vögeln bis zum Dioxin in der Muttermilch.

Der Einsatz natürlicher Organismen hilft auch bei der Identifizierung und Beseitigung konkreter Schäden und Gefahren. In thüringischen Uranberg-

baugebieten halfen Bienen dabei, eine Karte der radioaktiven Belastung zu erstellen. Jeder Bienenstock hat einen bestimmten Einzugsbereich, in dem er Honig und damit auch strahlende Partikel sammelt. Honigbienen haben einen sensiblen Geruchssinn und können sogar auf Sprengstoff trainiert werden und auf diese Weise helfen, Landminen aufzuspüren. Bienen lassen sich binnen Tagen auf Gerüche trainieren, indem man ihnen Zuckerwasser mit Spuren der jeweiligen Substanz gibt – das funktioniert auch bei dem Sprengstoff TNT. Die Bienenschwärme werden mit einem „optischen Radar“ verfolgt und führen so zu den Minen. 2008 wurden erstmals in stillgelegten Minen in England und Wales Regenwürmer mit einer besonderen Fertigkeit entdeckt: Sie können Blei, Kupfer und Zink aus dem Boden aufnehmen, ohne dass sie ihren Organismus damit schädigen. Nun wird geprüft, wie gut man die Regenwürmer als Bioindikatoren zur Identifizierung stark belasteter Flächen einsetzen kann.

## BAKTERIEN HELFEN GEGEN ÖLVERSCHMUTZUNG

Bei den enormen Mengen an Erdöl, die im Meer gefördert oder auf dem Wasserweg transportiert werden, sind Verschmutzungen des Meerwassers durch Öl an der Tagesordnung. Ölabbauende Bakterien sind zwar im Meer quasi überall vorhanden, auf Ölkatastrophen großen Ausmaßes ist die Natur allerdings nicht eingerichtet. Neue Technologien nutzen jedoch die Reinigungskräfte der Mikroorganismen (Bioremediation), um die Selbstreinigungskräfte des Meeres effektiv zu unterstützen. Experimente haben gezeigt, dass eine Mischung verschiedener Bakterienstämme Öl schneller mineralisiert als einzelne isolierte Stämme. Wissenschaftler der Universität Bielefeld und des Braunschweiger Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung (HZI) entzifferten im Jahr 2006 erstmals das komplette Genom des wohl wichtigsten Erdöl fressenden Meeresbakteriums der Art *Alcanivorax borkumensis*. In unverschmutzten Gewässern ist diese Art nicht zu finden, aber in Ölteppichen hat sie einen Anteil von bis zu 80 Prozent an der Mikrobenpopulation. Eine weitere erdölabbauende Bakteriengattung mit dem Namen *Arthrobacter* wird bereits in Bioreaktoren gezüchtet und kommerziell für die Reinigung von Öltankern, Öleinrichtungen und Ölteppichen auf dem Meer angeboten.

Die Schadensbeseitigung nach Havarien ist ein teures Geschäft. Allein für die Havarie der *Exxon Valdez* wurden die Aufräumkosten mit 5,2 Milliarden US-Dollar und die gesamten Kosten der Schadensregulierung incl. Strafgebühren und Geldbußen auf bisher sieben Milliarden US-Dollar geschätzt. Weitere größere Schadensfälle sind die *Amoco Cadiz* (Frankreich,

1978) mit einem Schaden von 282 Millionen US-Dollar, die *Sea Empress* (UK, 1996) mit mehr als 60 Millionen US-Dollar Schaden, die *Nakhoda* (Japan, 1997) mit 219 Millionen US-Dollar Schaden und die *Erika* (Frankreich, 1999) mit mehr als 180 Millionen US-Dollar Schaden.

Die Schadenssumme bei Ölnfällen richtet sich nach den Kosten für die Beseitigung des ausgelaufenen Öls, die Schäden für die Fischerei und den kommerziellen Tourismus. Dazu kommen noch die „non-use values“, wie der Existenzwert der Natur oder der Wert, den die Betroffenen, wenn sie danach befragt werden, einer intakten Natur beimessen. Der mit dieser sogenannten Contingent-Valuation-Methode berechnete Wert belief sich bei einer Ölverschmutzung von 65 Kilometern belgischer Küste auf 606 Millionen Euro. Die Washingtoner Region in den USA wurde nach dieser Methode sogar auf elf Milliarden US-Dollar veranschlagt. Allerdings ist diese Größe stark von subjektiven Faktoren geprägt und taugt nur bedingt zur Feststellung eines Marktpreises.

Der ökonomische Nutzen der ölfressenden Bakterien kann anhand der bislang errechneten Kosten für eine Reinigung bewertet werden. Diese variieren je nach Art des Öls, Lage und Größe des Unfallorts und der verwendeten Reinigungsmethode. Den größten Schaden richtet das Öl an, das die Küstenlinie erreicht. Die Schadenshöhe liegt zwischen 6,18 US-Dollar pro Liter auf hoher See und 30,63 US-Dollar pro Liter in einem Hafen der USA. Eine Reinigung durch die Natur ist mit 1,15 US-Dollar pro Liter deutlich billiger als eine Reinigung durch Chemikalien, die 5,06 US-Dollar pro Liter kostet, oder durch mechanisches Abpumpen, das mit 8,64 US-Dollar pro Liter zu Buche schlägt.

## INTAKTE ÖKOSYSTEME REGULIEREN DIE NÄHRSTOFFKREISLÄUFE

Nährstoffe, wie z. B. Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Silizium, Metalle, sind Grundvoraussetzung für die Existenz von Leben. Der Nährstoffkreislauf sorgt dafür, dass sie auf allen Ebenen der Nahrungskette verfügbar sind. Verschiedene Ökosysteme existieren auf der Grundlage sehr unterschiedlicher Nährstoffkreisläufe. Einen besonders sensiblen Kreislauf hat der tropische Regenwald Amazoniens, da die Nährstoffe kaum im Boden, sondern fast ausschließlich in den Organismen stecken. Der Nachschub erfolgt per Windfracht aus dem nördlichen Afrika.

Auch Gewässer aller Art reagieren empfindlich auf einen zu hohen Eintrag von Nährstoffen (Eutrophierung). Gestörte Nährstoffkreisläufe können zu einem Zusammenbruch des jeweiligen Ökosystems führen, das

damit seine wirtschaftlich relevanten Güter und Dienstleistungen (Ecosystem Services) nicht mehr erbringen kann. Der ökonomische Nutzen intakter Kreisläufe liegt folglich in der Gewährleistung der Funktionsweise des Ökosystems, die eine Grundvoraussetzung der Lebensweise ist, an die die menschliche Spezies gewöhnt ist. Dies soll im Folgenden am Beispiel der marinen Nährstoffkreisläufe gezeigt werden, die trotz der enormen Größe der Weltmeere nicht unempfindlich gegen die Einflüsse menschlicher Aktivitäten sind.

Tiefsee-Sedimente bedecken 65 Prozent der Erdoberfläche. Die mikrobiologischen Prozesse, die in diesen Sedimenten ablaufen, haben weitreichende Wirkungen auf die Nährstoffkreisläufe und die globalen biochemischen Prozesse. Tiefsee-Sedimente bergen die größten Reserven an Biomasse und nichterneuerbaren Ressourcen. Alle chemischen Elemente werden von den Meereslebewesen kontinuierlich recycelt. Das ist die Grundlage für neues Leben und steht damit jenseits aller ökonomischen Bewertungen. Pflanzen und Bakterien können im Wasser gelöste Stoffe aufnehmen, Tiere benötigen die Zufuhr der Stoffe in Form fester Partikel in ihrer Nahrung. Es gibt keine Substanz auf der Erde, die nicht durch Bakterien zerlegt werden kann, und jedes Element hat seinen eigenen Kreislauf im Meer. Diese Kreisläufe können räumlich an unterschiedlichen Orten auftauchen, man spricht dann von „biogeochemischen Provinzen“ in den Ozeanen.

Wollte man mit einer künstlichen Reinigung des Meerwassers die gleichen Resultate erzielen, müsste eine Summe von 11,3 bis 32,7 Cent pro Kubikmeter aufgewendet werden. Das ergäbe hochgerechnet auf die gesamten Meere der Welt unvorstellbar große Kosten. Allein für die britischen Gewässer ergäbe sich für eine einmalige Behandlung des Wassers ein Wert von 900 bis 2620 Milliarden Euro. Diese Berechnung ist allerdings theoretisch, denn wenn der Nährstoffkreislauf zusammenbricht, hilft auch keine Behandlung des Wassers mehr, das marine Ökosystem bricht zusammen.

Verschiedene Spezies haben unterschiedliche Ansprüche an die Zusammensetzung der Nährstoffe und verschiedene Möglichkeiten, diese aufzunehmen. Je nach Angebot werden bestimmte Pflanzen und Bakterien bevorteilt. Alle anderen Lebewesen können Nährstoffe nur aufnehmen, indem sie die Pflanzen oder Bakterien fressen. So entsteht die Nahrungskette. Auf jeder Ebene der Nahrungskette gibt es Bakterien und Pilze, die organisches Material remineralisieren und dabei nicht nur Biomasse, sondern auch gelöste und damit wieder verfügbare Nährstoffe produzieren – der Kreislauf schließt sich.

Der größte Umsatz von Nährstoffen findet an der Küste statt, denn hier wird viel organisches Material in die Ozeane geschwemmt. Menge und Zusammensetzung der Mikroben spielen bei der Remineralisierung in Küstengewässern die Hauptrolle, wobei eine hohe Diversität wichtig ist. Ein hoher Nährstoffeintrag, insbesondere durch landwirtschaftliche Überdüngung, Abschwemmungen von abgeholzten Wäldern sowie Abfällen aller Art, führt zunächst zu einer verstärkten Primärproduktion und damit zu einem verbesserten Nahrungsangebot auf allen Ebenen der Nahrungskette. Wird das Nährstoffangebot aber zu hoch, nimmt die Biodiversität ab. Die Diversität von Ökosystemen ist sowohl in Bezug auf die Artenvielfalt als auch in Bezug auf die funktionale Zusammensetzung am höchsten bei einem mittleren Nährstoffgehalt. Wird mehr organisches Material in den Sedimenten abgelagert, nimmt der Sauerstoffgehalt ab, die Lebensbedingungen für verschiedene Spezies verschlechtern sich. Eine geringere Sauerstoffkonzentration wirkt unter anderem schädigend auf die Eier von Fischen und ruft Algenblüten hervor.

Indem er tendenziell den Nährstoffeintrag in die Meere steigert, verändert der Mensch dieses Gleichgewicht. Ökosysteme haben nur bis zu bestimmten Grenzen die Fähigkeit, ein Nährstoffüberangebot abzufedern. Die Ostsee beispielsweise ist schon stark überlastet, was zu Algenblüte, sinkender Wasserqualität und Veränderungen der Artenzusammensetzung am Meeresgrund führt. Mit den Folgen haben sowohl der Tourismus als auch die Fischereiwirtschaft zu kämpfen. In einer Befragung haben die Bewohner von drei Anrainerstaaten erklärt, dass sie bereit wären, jährlich sechs Milliarden US-Dollar aufzuwenden, um ein solches Szenario zu verhindern. Um die Stickstoffbelastung zu halbieren, wäre ein Betrag von 4,1 Milliarden US-Dollar jährlich erforderlich, die Kosten-Nutzen-Bilanz einer Halbierung der Stickstoff- und Phosphorbelastung ergäbe dabei ein Plus von ca. 7,457 Milliarden Euro.

Eine ganz andere Lösung wurde in Australien gefunden. Die Korallen des Great Barrier Reef sind durch Schadstoffeinträge bedroht, die von der Viehzucht auf dem australischen Festland herrühren. Diese erbringt eine Wertschöpfung von 580 Millionen Euro jährlich und sichert 9000 Arbeitsplätze. Dagegen stehen 1,89 Milliarden Euro, die der Tourismus rings um das Riff an jährlicher Wertschöpfung verbuchen kann. Der Interessenskonflikt zwischen den beiden Wirtschaftssektoren konnte entschärft werden, indem das Beweidungsmanagement geändert wurde. Dadurch sank nicht nur der Nährstoffeintrag ins Meer, sondern es erhöhte sich sogar die Fleischproduktion. Eine Win-win-Lösung, auf die man allerdings nicht immer bei Konflikten zwischen Wirtschaft und Natur hoffen kann.

#### Zum Weiterlesen

BMU (2007): *Kurzinfo Hochwasservorsorge, Stand: Dezember 2007*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin

Hegg C, Badoux A, Lüscher P, Witzug J (2004): *Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser*. In: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (Hg.): *Schutzwald und Naturgefahren*. Forum für Wissen 2004, pp. 15-20, [http://www.wsl.ch/publikationen/reihen/forum/forum\\_2004\\_DE](http://www.wsl.ch/publikationen/reihen/forum/forum_2004_DE)

Margreth S (2004): *Die Wirkung des Waldes bei Lawinen*. In: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (ed.): *Schutzwald und Naturgefahren*. Forum für Wissen 2004, pp. 21-26, [http://www.wsl.ch/publikationen/reihen/forum/forum\\_2004\\_DE](http://www.wsl.ch/publikationen/reihen/forum/forum_2004_DE)

Roxburgh T (2007): *Economic valuation of coastal resources – applying research and results into action*. Workshop 21. 8. 2007, Fale Laumei, [http://www.coralreef.gov/taskforce/pdf/evagenda\\_samoa\\_2007.pdf](http://www.coralreef.gov/taskforce/pdf/evagenda_samoa_2007.pdf)

UNEP (2006): *In the Front Line: Shoreline Protection and other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs*. [www.unep-wcmc.org/resources/PDFs/In\\_the\\_front\\_line.pdf](http://www.unep-wcmc.org/resources/PDFs/In_the_front_line.pdf)

Alle Quellen zu diesem Kapitel sowie eine Fülle weiterer Beispiele finden Sie auf der Internetseite [www.wirtschaft-und-natur.de](http://www.wirtschaft-und-natur.de).

## Resümee

In zehn Kapiteln haben wir die Produktivität und den monetären Wert der Natur anhand vieler Einzelbeispiele verdeutlicht – sicher nicht vollständig und auf keinen Fall unangreifbar. Sie ist ein unermesslicher Reichtum und ein globales öffentliches Gut, dessen Nutzen über Landesgrenzen und Regionen, Bevölkerungsgruppen und Generationen hinausreicht. Es bleibt die Frage, warum wir diesen Nutzen eigentlich in Euro und Cent bewerten müssen, geht doch die ökonomische Verwertung der Natur heute meist zu ihren Lasten. Wir wollen mit unseren Ausführungen und Beispielen dagegen zeigen, dass sich die Erhaltung von Ökosystemen, die für den Naturschutz wertvoll sind, auch unter Anwendung monetärer Methoden wirtschaftlich rechnet und dass es damit nicht nur aus ethisch-moralischen, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen angezeigt ist, die biologische Vielfalt und die Leistungen der Ökosysteme zu erhalten. Es ist bislang das Dilemma öffentlicher Güter, dass der Einzelne von ihnen profitieren kann, ohne sich um ihren Erhalt kümmern zu müssen. Doch dieser Profit entspringt zumeist einem kurzfristigen Kalkül und hat die Gewinne nicht im Blick, welche die Natur noch bieten kann. Und dieser Profit hat einen Preis, der ihn häufig übertrifft. Es ist der Preis, den die Schäden haben, zu denen eine Ausbeutung der Natur führt, die sich um deren Erhalt nicht kümmert. Es ist der Preis, den die Allgemeinheit zahlen muss, häufig ohne sich darüber klar zu sein, wie eine faire Aufteilung der Folgekosten einschließlich notwendiger Gegenmaßnahmen zu erfolgen hat. Der Preis ließe sich unter anderem dadurch reduzieren, dass bei der Vorbeugung und Bekämpfung der Schäden die Ressourcen und Fähigkeiten der Natur stärker genutzt werden. Um die Zusammenhänge zu verdeutlichen und die einzelnen Prozesse vergleichbar und damit bewertbar zu machen, ist es sinnvoll, die Produktivität der Natur in ökonomische Größen zu fassen. Wir wollen zeigen, dass sich der vielfältige Nutzen der Natur umso mehr rechnet, je mehr wir von dieser Vielfalt erhalten.

Solche Bewertungen sind mit einer ganzen Reihe von Problemen konfrontiert, die sozusagen in der Natur der Sache liegen:

- Die Natur ist multifunktional, d. h., das gleiche Ökosystem kann ganz verschiedene Leistungen erbringen: Ernährung, Wertschöpfung, Schutz usw., die sich teilweise auch gegenseitig ausschließen

(z. B. Trinkwasserdargebot und intensive Landwirtschaft; Schutzfunktion des Waldes und intensiver Skitourismus).

- Für viele Zusammenhänge fehlt es schlicht und ergreifend an naturwissenschaftlichem Wissen, so dass Bewertungen auf Vergleiche, Schätzungen oder Hochrechnungen angewiesen sind. Unterschiedliche Bewertungsansätze können dabei im einen oder anderen Fall durchaus zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.
- Die ökonomische Wertschöpfung lässt sich oft erst im Schadensfall als entgangener Wert oder als Kosten für die Wiederherstellung errechnen. Und selbst dann bleiben eine ganze Reihe von schwer kalkulierbaren Neben- und Folgewirkungen, wie es die aufwendige Schadensberechnung des Tankerunglücks der *Exxon Valdez* exemplarisch zeigte.
- Viele Werte, die die Natur uns bietet, z. B. in ästhetischer oder emotionaler Hinsicht, kann man nur auf der Grundlage direkter Befragungen nach der Zahlungsbereitschaft ökonomisch zu erfassen suchen.

Um Werte zu quantifizieren, benutzt die Ökonomie als Indikator häufig Marktpreise. Wo diese nicht gegeben sind, müssen sogenannte Schattenpreise verwendet werden. Um sie hilfsweise zu errechnen, gibt es verschiedene Methoden, die alle ihre Unzulänglichkeiten haben.

So weiß man beispielsweise, dass auf die Frage nach der Zahlungsbereitschaft zur Erhaltung einer einzelnen Art – als Ausdruck ihres monetären Wertes in Ermangelung von Preisen – von den interviewten Personen, bei Fehlen weiterer methodischer Erläuterungen, ein Wert genannt wird, der über die Vielzahl an Arten aufaddiert deutlich höher ist als die Zahlungsbereitschaft, die durchschnittlich für das Ziel der Erhaltung der biologischen Vielfalt insgesamt genannt wird. Entscheidend für das Ergebnis von Zahlungsbereitschaftsanalysen als Methode zur Ermittlung von Schattenpreisen ist weiterhin die Abgrenzung der Befragten. Soll man bei der Ermittlung des Wertes eines Lebensraumtyps in Deutschland, der gleichzeitig europaweit gefährdet ist, nur die Deutschen nach ihrer Zahlungsbereitschaft fragen, oder auch Franzosen, Belgier, Niederländer etc.?

Neben methodischen Problemen gibt es auch grundsätzliche Bedenken gegen eine Monetarisierung der Naturleistungen. Alle Methoden ökonomischer Bewertung nutzen Marktdaten oder simulieren Märkte, indem sie beispielsweise, wie oben dargestellt, den Einzelnen individuell nach seiner Zahlungsbereitschaft fragen. Der Markt ist jedoch ein Mechanismus, in dem Produzenten und Konsumenten jeweils mehr oder weniger isoliert

über Wohl und Elend entscheiden. Als Ort, um über grundsätzliche gesellschaftliche Ziele zu entscheiden, taugt er nicht. Für Sinn und Werte sind die Sphären der Moral und des Rechts zuständig, sie sind Grundlage des Ordnungsrahmens des Marktes. Die Frage, welche Natur wir wollen, lässt sich nicht allein mit der Ökonomisierung naturwissenschaftlich-ökologischer Daten beantworten, sondern braucht den Bezug zu einer gesellschaftlichen Vorstellung von Lebensqualität und Gerechtigkeit und eine differenzierte Güterabwägung. In diesem Sinne wäre es auch ein Trugschluss zu glauben, ökonomische Werte seien an sich objektive Größen. Sie bedürfen vielmehr ihrerseits einer Inwertsetzung durch Interpretation und Diskussion, was uns bestimmte Bestandteile und Leistungen der Natur denn nun „wirklich“ wert sind. In diese Abwägungsprozesse sind dann notwendig auch andere Dimensionen eines „Wertes“ von Natur, etwa in ästhetischer und emotionaler Hinsicht oder im Rahmen ethischer Verpflichtungen, zu integrieren.

Es gibt kollektive Vorstellungen, die jeglichem traditionellem ökonomischem Kalkül widersprechen. Für manche Naturvölker ist die unberührte Natur ihr Lebensraum, dessen absoluter Schutz Aufgabe der Allgemeinheit ist. Die Natur ist für viele andere Völker ein Kulturraum, Ort der Tradition, des Glaubens oder der Tabus, die den Zugang und die Nutzungszeiten genauso regeln wie den Umgang mit Tieren und Pflanzen.

Wenn eine Tierart ausstirbt oder ein Ökosystem zerstört wird, bedeutet das nicht das Ende der Natur. Die Natur bleibt bestehen – wenn auch unter Umständen in einer deutlich anderen Form. Warum nun der eine Naturzustand „besser“ ist als der andere, beantwortet sich keineswegs immer aus sich selbst heraus, sondern hat oft mit ethischen Haltungen und mit gesellschaftlichen Anschauungen von Natur zu tun. Über die Frage, ob die Natur einen eigenständigen Wert hat oder ob sie einen Wert für den Menschen hat bzw. ihr derartige Werte eigentlich immer nur aus menschlicher Perspektive zugesprochen werden können, kann man lange debattieren. In der vorliegenden Schrift wird ihr Wert aus der Perspektive ihres Nutzens für das Individuum thematisiert, und sogar die Nicht-Nutzen-Werte werden in monetäre Kategorien gefasst. Der Wert der Natur aus sich selbst heraus, der sich in der Diversität, in der Seltenheit und Einzigartigkeit und in der Funktionsfähigkeit der Ökosysteme widerspiegelt, wird in dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt – nicht weil es ihn nicht gäbe oder er vielleicht nicht so wichtig ist, sondern weil wir versucht haben, die Natur mit der Brille derjenigen zu betrachten, die ihr am meisten zusetzen. Eine Bewertung in Euro und Cent ist ein Weg unter mehre-

ren, Informationen und Entscheidungshilfen zu geben – gerade auch für diejenigen, die Natur vorrangig durch die Brille des eigenen Nutzens betrachten. Das Buch soll dazu dienen, den Blick in dieser Hinsicht zu weiten und entsprechenden Argumentationen mit Fakten, die dieselbe Sprache sprechen, entgegenzutreten.

Für diejenigen, die die Ökonomie dabei allerdings zur Weltanschauung erheben, schließt dieses Buch mit den Worten von E. O. Wilson, einem Pionier der Erforschung der Artenvielfalt: „Meine – drei – Kernthesen lauten: Erstens, der Mensch ist letztlich das Produkt der biologischen Evolution. Zweitens, die biologische Vielfalt ist die Wiege und das bedeutendste Naturerbe der Menschheit. Drittens, Philosophie und Religion ergeben wenig Sinn, wenn sie die ersten beiden Thesen nicht berücksichtigen.“ (E. O. Wilson [1999]: *Des Lebens ganze Fülle. Eine Liebeserklärung an die Wunder der Natur*, S. 383 f.)

#### Zum Weiterlesen

Wilson E O (1999): *Des Lebens ganze Fülle. Eine Liebeserklärung an die Wunder der Natur*. München: Claassen



**PROFESSORIN DR. BEATE JESSEL, PRÄSIDENTIN DES BUNDESAMTES FÜR NATURSCHUTZ (BFN)**  
 Diplom-Ingenieurin, geb. 1962. Nach dem Studium der Landschaftspflege und beruflichen Stationen in Wissenschaft, Planung und Verwaltung agrarwissenschaftliche Promotion. Professorin für Landschaftsplanung an der Universität Potsdam und Inhaberin des Lehrstuhls für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung an der Technischen Universität München. Seit 2007 Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz in Bonn. Vorsitz und Mitgliedschaft in zahlreichen Gremien mit Bezug zu Umwelt- und Naturschutz.



**OLAF TSCHIMPKKE, PRÄSIDENT DES NATURSCHUTZBUNDES DEUTSCHLAND (NABU)**  
 Diplom-Geograph, geb. 1955. Präsident des Naturschutzbundes Deutschland (NABU) seit 2003. Zuvor war er insgesamt 18 Jahre als Landesgeschäftsführer und Vorsitzender des NABU Niedersachsen tätig. Forschungsarbeiten über Umweltprobleme und Fragen der umweltverträglichen Landnutzung in Sri Lanka und Tansania. Olaf Tschimpke ist Kuratoriumsvorsitzender der Stiftung Naturschutzgeschichte, Mitglied im Kuratorium der Michael-Otto-Stiftung, Mitglied im Kuratorium der Hanns R. Neumann Stiftung sowie Mitglied im Aufsichtsrat des Wuppertal Institutes und Mitglied im ZDF-Fernsehrat.



**MANFRED WALSER, SSWP RAVENSBURG**  
 Diplom-Verwaltungswissenschaftler, geb. 1961, Berufsausbildung im kontrolliert-ökologischen Gemüsebau. Projektleiter an der Universität St. Gallen, Institut für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus (IDT-HSG). Daneben Mitinhaber eines privaten Beratungsbüros für Kommunal- und Regionalentwicklung. Fachliche Schwerpunkte sind unter anderem Regionalökonomie und nachhaltige Regionalentwicklung sowie ökonomische Aspekte des Naturschutzes.

BILDNACHWEIS

Titel: Panthermedia (10), Corbis

Seite 18: Panthermedia

Seite 36: Okapia

Seite 56: Panthermedia

Seite 108: Shotshop

Seite 155: Walser: privat, Jessel: Grabowsky/BfN,

Tschimpke: Sandro Engelhardt