

Weiterbildender Fernstudiengang Umweltschutz

Leseprobe

Modul 3

Schwerpunkt „Ökosystemarer Umweltschutz“

Wolfgang Wranik

Naturschutz, Teil 1: Texte

Bettina Eichler-Löbermann/ Stefanie Busch

Umweltgerechte Landnutzung

Helmut Winkler

Fischereibiologie und -wirtschaft

Ulf Karsten/ Heike Lippert

Gewässerschutz und -sanierung

Albrecht Jordan

Landnutzung und Klimawandel

Werner Pfalz/ Siegfried Prien

Ökologische Waldwirtschaft/ Ökologischer Waldschutz

Teil 1 : Ökologischer Waldbau

Gerald Schernewski

Integriertes Küstenzonenmanagement



NATURSCHUTZ
TEIL 1: TEXTE

WOLFGANG WRANIK

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Lehrziele	7
1 Einführung	9
1.1 Aufgaben und Grundlagen des Naturschutzes	9
1.2 Die Beziehung Ökologie - Naturschutz	11
2 Naturschutz als globales Problem	13
2.1 Biodiversität	13
2.2 Internationale Organisationen und Übereinkommen	18
3 Naturschutz in der Bundesrepublik Deutschland	25
3.1 Zur Geschichte der Landnutzung in Mitteleuropa	25
3.2 Zur Geschichte des Naturschutzes in Deutschland	34
3.3 Gesetzgebung und Organisation des Naturschutzes in der Bundesrepublik Deutschland	38
4 Biotop- und Artenschutz	87
4.1 Leitbilder, Zielvorstellungen und Schutzstrategien	87
4.2 Biotopschutz - Ziele, Methoden und Probleme	96
4.3 Artenschutz - Ziel, Methoden, Probleme.....	100
4.4 Biotop- und Artenschutzprogramme	106
5 Bewertungen und Erfassungen im Naturschutz	109
5.1 Innerfachliche Bewertungen	109
5.2 Kartierungs- und Monitoringprogramme	111
5.3 Erfassen und Bewerten von Lebensräumen.....	115
5.4 Erfassen und Bewerten von Organismen	116
Glossar	123
Literaturempfehlungen	133

Literaturempfehlungen	135
Zeitschriften	147
Naturschutz im Internet	148

Vorwort

„Viele der gegenwärtigen Bemühungen zum Schutz und der Wahrung menschlichen Fortschritts, zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und zur Verwirklichung menschlichen Strebens werden - in den reichen wie auch armen Ländern - nicht ohne weiteres aufrecht zu erhalten sein. Sie belasten unser bereits heute überzogenes Umweltressourcenkonto in einem Tempo und in einem Umfang, was wir uns für die Zukunft nicht mehr leisten können, wenn wir nicht bankrott gehen wollen. Mögen die Bilanzen unserer Generation auch noch Gewinne zeigen, aber unsere Kinder werden die Verluste erben. Wir leihen ohne Absicht oder Aussicht auf Rückzahlung von künftigen Generationen Umweltkapital. Und die nach uns Kommenden können uns wegen unserer Verschwendung verdammen, aber unsere Schulden werden sie nie zurückerstattet bekommen. Wir handeln so, weil uns niemand zur Rechenschaft ziehen kann: Künftige Generationen stimmen heute nicht ab; sie verfügen über keinerlei politische und finanzielle Macht und sind daher unseren Entscheidungen ausgeliefert.

Aber die Ergebnisse unserer Ausschweifung verringern die Alternativen für die künftigen Generationen dramatisch. Die meisten der Verantwortlichen von heute werden wohl schon tot sein, bevor auf dem Planeten die weitergehenden Auswirkungen des sauren Niederschlags, der globalen Erwärmung, des Ozonschwundes oder großflächiger Wüstenbildung und des Artenverlustes zu spüren sein werden.

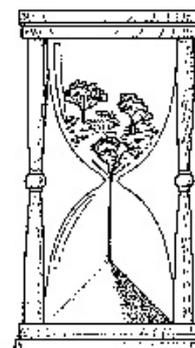
Die meisten der heutigen jungen Wähler werden dies noch erleben.“

„Unsere gemeinsame Zukunft“ (Our Common Future)
Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung
in Vorbereitung der Umweltkonferenz UNCED in Rio 1992

„Die biologische Vielfalt der Welt - die Artenvielfalt der Lebewesen - ist aus ökologischen, genetischen, sozialen, wirtschaftlichen, wissenschaftlichen, erzieherischen, kulturellen und ästhetischen Gründen von hohem Wert.“

Konvention über die biologische Vielfalt, Rio 1992

Angesichts globaler Umweltprobleme und sich abzeichnender Grenzen bisheriger Formen des quantitativen Wirtschaftswachstums gewinnt der Naturschutzgedanke eine zunehmende Bedeutung. Die tiefgreifenden wirtschaftlich-sozialen Unterschiede in der Welt und die hinsichtlich der Umweltrisiken streitbaren wissenschaftlichen Arbeitshypothesen führen in der gesellschaftlichen Werteabwägung aber dennoch dazu, dass zwar Ausmaß und Dringlichkeit der Bedrohung der biologischen



Vielfalt vielfach beschworen werden, nach wie vor jedoch - international wie national – ausreichend wirksame, auf Vorsorge orientierte rechtlich-administrative Instrumente sowie auch die notwendige Akzeptanz und Unterstützung weiter reichender praktischer Maßnahmen durch die Mehrheit der Bevölkerung fehlen.

Lehrziele

Der vorliegende Lehrbrief gibt eine Einführung in Grundlagen des Naturschutzes. An den Anfang werden globale Aspekte und eine Übersicht über wichtige internationale Naturschutzaktivitäten gestellt. Ausgangspunkt ist dabei die Erkenntnis, dass die Lebensgrundlagen des Menschen ganz entscheidend von einem intakten, sich selbst erneuernden Naturhaushalt abhängen, zu dem Boden, Wasser, Luft, Klima und auch die freilebende Tier- und Pflanzenwelt gehören. Da deren Rolle im Naturhaushalt sich nicht ersetzen lässt, zählt die Frage des Erhalts der Biodiversität heute zu einem der globalen Umweltprobleme der Erde.

Über eine Betrachtung zum Landschaftswandel in Mitteleuropa und einen kurzen Rückblick auf die Geschichte des Naturschutzes werden im weiteren die wichtigsten rechtlich-organisatorischen Grundlagen des nationalen Naturschutzes behandelt und die Kompliziertheit naturschutzfachlicher Fragestellungen im Zusammenhang mit Diskussionen zur Zielbestimmung des Naturschutzes und an ausgewählten Problemen des Biotop- und Artenschutzes aufgezeigt. Den Abschluss bildet eine Übersicht zu Methoden naturschutzfachlicher Analyse und Bewertung.

Außer der Vermittlung fachlicher Zusammenhänge versucht das Studienmaterial eine Darstellung des Spannungsfeldes, in dem sich der Naturschutz national und international bewegt. Denn seine Möglichkeiten und Grenzen werden im starken Maße auch von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, gesellschaftlichen Wertvorstellungen und subjektiven Verhaltensweisen bestimmt. Nur aus dieser komplizierten Einbindung heraus ist die große Diskrepanz zu verstehen, die sich zwischen der weit verbreiteten verbalen Betonung der Bedeutung des Naturschutzes und der eher durch Negativbilanzen gekennzeichneten Praxis zeigt.

Teil der Naturschutzproblematik sind darüber hinaus zahlreiche unklare, dadurch oft auch unterschiedlich genutzte Begriffslagen und grundsätzliche Fragestellungen, wie z. B. nach dem „Eigenwert“ der Natur, deren tiefergehende Beantwortung philosophisch-rechtlich sehr schwierig und streitbar sind, oder aber die Diskussionen um Konzepte und Leitbilder. Und neben rechtlichen und personellen Defiziten gehören zur Kompliziertheit des Naturschutzes nicht zuletzt die vielen fachlichen Probleme der Naturschutzpraxis, für die es häufig noch keine ausreichenden bzw. sich z. T. sogar widersprechende Antworten und Ansätze gibt, bis hin zu einem öffentlichkeitswirksamen, aber in der Sache nicht selten fragwürdigen Aktionismus. Eine Ausgangssituation, die nicht nur den dringenden Bedarf an stärkerer Naturschutzforschung und einer wirksameren Vermittlung nach außen verdeutlicht, sondern

auch erklärt, warum es im Naturschutz innerfachlich nicht selten zu sehr kontroversen Positionen kommt.

Da das Ziel des Lehrbriefes in der Vermittlung einer Übersicht zu wesentlichen Grundlagen des Problemkreises Naturschutz besteht, werden die einzelnen Teilgebiete nur kurz und in allgemeinerer Form dargestellt. Für eine Einarbeitung in die für alle diese Themenbereiche sehr komplexen und komplizierten Detailfragen muss auf die umfangreich vorliegende Spezialliteratur zurückgegriffen werden.

1. Einführung

1.1 Aufgaben und Grundlagen des Naturschutzes

Das Wort "Naturschutz" wurde nach neueren Erkenntnissen 1871 von PHILIPP LEOPOLD MARTIN (vgl. Abb. 51) eingeführt und in der Folgezeit sehr unterschiedlich verwendet. Trotz zahlreicher Ansätze fehlt bis heute eine allgemein konsensfähige Definition des Begriffes, weshalb er sich auch nur ungenau von den Begriffen „Umweltschutz“ und „Landschaftspflege“ abgrenzen lässt (PLACHTER 1995).

Trotz dieser unklaren Begriffslage werden in der Literatur und im politischen Bereich unter dem Begriff Umweltschutz heute zumeist verschiedene eigenständige technische und ökologische Teilgebiete zusammengefasst (Abb. 1). Ihnen gemein ist das Ziel, Teile der Natur (einschließlich des Menschen) vor anthropogenen Beeinträchtigungen zu schützen sowie bereits eingetretene Belastungen möglichst wieder rückgängig zu machen. Während der technische Umweltschutz sich dabei mit den anthropogenen Veränderungen der unbelebten Natur und ihrer Wirkung auf die menschliche Gesundheit (z. B. Lärm-, Strahlen- oder Trinkwasserschutz) beschäftigt, ist der biologisch-ökologische Umweltschutz vor allem auf die Erhaltung oder Entwicklung eines Naturzustandes gerichtet, der die Nutzbarkeit für den Menschen im weitesten Sinne sichert, wiederherstellt oder in spezifischer Weise erst ermöglicht (PLACHTER 1991). Bei einer derart sektoralen Betrachtungsweise ist aber zu beachten, dass diese Teilgebiete in der Praxis eng miteinander verzahnt sind.

*Technischer
Umweltschutz*

*Biologisch-
ökologischer
Umweltschutz*

Die wichtigsten Säulen des biologisch-ökologischen Umweltschutzes sind im deutschen Sprachraum Naturschutz und Landschaftspflege.

Naturschutz im engeren Sinne bedeutet dabei traditionell die „Erhaltung und Förderung der Lebensgemeinschaften wildlebender Tiere und Pflanzen sowie ihrer Lebensgrundlagen (Lebensräume)“. Landschaftspflege hat dagegen die Analyse, Bewertung und Entwicklung von Natur und Landschaft als Ganzes zum Ziel, es ist „die Gesamtheit von Maßnahmen zur Sicherung der nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie der Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft“.

Naturschutz

Landschaftspflege

Ähnlich wie der Begriff „Umweltschutz“ lässt sich aber auch der Begriff „Landschaftspflege“ nur unklar vom „Naturschutz“ abgrenzen. Beide Begriffe werden heute gewöhnlich als Begriffspaar verwendet. Ihre Grenzen verschwimmen in dem Maß, wie die Notwendigkeit einer

ganzheitlichen Betrachtung für sorgsame und nachhaltige Sicherung und Entwicklung der Biosphäre besteht.

Von der Begriffsbestimmung her müsste man davon ausgehen, dass der Naturschutz „Natur“ schützt. Doch auch hier ist die Begriffslage unklar. Denn zum einen gibt es keine exakte Definition von „Natur“ und zum anderen haben wir es zumindest in Mitteleuropa heute mit einer Kulturlandschaft zu tun, da eine vom Menschen unbeeinflusste Naturlandschaft im Sinne einer „Urlandschaft“ in unseren Breiten nicht mehr existiert, so dass PLACHTER (1995) vom „Naturschutz in Kulturlandschaften“ spricht.

Definition Naturschutz Zumeist fasst man unter Naturschutz *alle Maßnahmen und Handlungen* zusammen, *die unmittelbar und konkret der Erhaltung und Förderung von Pflanzen und Tieren wildlebender Arten, ihrer Lebensgemeinschaften und natürlichen Lebensgrundlagen sowie der Sicherung von - nach bestimmten Kriterien als schutzwürdig befundenen - Landschaften und Landschaftsteilen unter natürlichen Bedingungen dienen* (ERZ 1980, Dachverband Agrarforschung und Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 1991).

Während sich diese Definition im wesentlichen auf die beiden klassischen Tätigkeitsfelder, den Arten- und Flächenschutz, beschränkt, gehen andere Ansätze deutlich darüber hinaus und beziehen die gesamte Umwelt und ihre Systemzusammenhänge sowie z. T. auch die Agierenden in das Wirkungsfeld des Naturschutzes mit ein (MADER 1987, HAAFKE 1988, GELLERT 1993), wodurch dann allerdings eine Abgrenzung zum Umweltschutz nur noch sehr schwer möglich ist (zur Beziehung zwischen Umwelt- und Naturschutz aus historischer, juristischer und umweltethischer Sicht vgl. PIECHOCKI et al., Vilmer Thesen, Natur und Landschaft 12, 2004).

Segregation Traditionell ist im Naturschutz oft noch immer eine Segregation zwischen Nutzlandschaft und Schutzlandschaft bestimmend. Naturschutz als ausschließlich konservierender, auf natürliche und naturnahe Ökosysteme beschränkter Handlungsansatz ist in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft unter den heutigen Bedingungen flächendeckender Belastungsquellen, einer Schutzbedürftigkeit vieler anthropogen geprägter Lebensräume und sehr intensiver Wechselbeziehungen zwischen genutzten und naturnahen Ökosystemen aber unzureichend. Deshalb geht es heute um einen komplexen Ansatz, der die Analyse der Belastungs- und Nutzungsfaktoren und deren Steuerung als auch dynamische Aspekte als Grundeigenschaft natürlicher Ökosysteme integriert und sich darauf aufbauend auf die Entwicklung differenzierter, aber flächendeckender Schutz- und Entwicklungsstrategien orientiert. Ziel ist dabei eine Form der Naturnutzung, die die Funktionsfähigkeit eines den dauerhaften (Grundansprüche) und sich wandelnden (Ent-

Flächendeckender und integrierender Ansatz

wicklungsansprüche) Erfordernissen des Menschen adäquaten Naturhaushaltes und die Nutzbarkeit der Naturgüter nachhaltig sichert. Die wesentlichen Elemente sind der Artenschutz (Erhalt des genetischen Potentials als ökologische Funktionsträger und der biologischen Grundfunktionen), der ganzheitliche Schutz von Ökosystemen (Erhalt von Lebensräumen mit ihren spezifischen landschaftsökologischen Funktionen), die Sicherung geeigneter Landnutzungsstrukturen sowie der dafür notwendigen Bedingungen (Schutz der abiotischen Ressourcen Wasser, Boden, Luft).

1.2 Die Beziehung Ökologie - Naturschutz

Ökologie und Naturschutz sind eng miteinander verzahnt. Entgegen einer weit verbreiteten und auch im Sprachgebrauch häufig praktizierten Ansicht sind beide Begriffe aber nicht miteinander gleichzusetzen (Abb. 2).

*Ökologie –
Naturschutz*

Ökologie als die Wissenschaft von den Umweltbeziehungen der Lebewesen widmet sich den Fragen nach Struktur und Funktion des Naturhaushaltes, seiner Systeme und Kompartimente. Sie ist erkenntnisorientiert und vermittelt wertneutrale Beschreibungen von Systemzusammenhängen in der Natur. Sie versucht festzustellen was ist, nicht aber, was sein soll, d. h. sie kann mit gleichem Interesse und Erkenntnisgewinn eine Mülldeponie wie einen naturnahen Wald untersuchen.

*Wertneutrale
Erkenntnissysteme*

Der Naturschutz ist dagegen eine handlungsorientierte, angewandte Disziplin. Aufbauend auf den Informationen verschiedener naturwissenschaftlich orientierter Basiswissenschaften (Ökologie, Geographie, Vegetationskunde etc.) wird dabei mit Hilfe fachspezifischer Bewertungsmethoden beurteilt, ob ein bestimmter Zustand als „gut“ oder „schlecht“ anzusehen ist und ob er erhalten oder verändert werden soll. Diese wertbezogenen Handlungssysteme sind neben fachlichen Aspekten sehr stark von subjektiven und gesellschaftlichen Bewertungsprioritäten, gesellschaftspolitischen Zielsetzungen und wirtschaftlichen Einflussgrößen abhängig und können sich dementsprechend auch mit der Zeit wandeln.

*Wertbezogene
Handlungssysteme*

Wertorientierte Einordnungen und Handlungsanweisungen sind ein wesentliches Merkmal sowie eine zentrale und eigenständige Aufgabe des Naturschutzes, durch die er sich aber grundlegend von der Ökologie und anderen Naturwissenschaften unterscheidet. Da der Naturschutz seine Grundlagen in erster Linie aus den Forschungen anderer Fachrichtungen bezieht, seine Ziele gesellschaftlich normiert sind und bei allen Handlungen und Maßnahmen Wertungen eine große Rolle spielen, wird

auch die Frage unterschiedlich beurteilt, ob er eine eigenständige Wissenschaft darstellt oder nicht (ERZ 1986, BRÖRING & WIEGLEB 1990).

Man kann den Naturschutz als eine handlungsorientierte Wissenschaft bezeichnen, die auf naturwissenschaftlichen Grundlagen („objektive“ Erkenntnisse) und ihrer Bewertung („subjektive“ Werthaltungen) basiert.

Naturschutzforschung

Daraus leiten sich der Spezifik des Naturschutzes Rechnung tragende naturwissenschaftlich-ökologische, sozioökonomische und anwendungsorientierte Forschungsschwerpunkte ab, bei denen es um naturschutzzeitige Strategien und Ansätze in bezug auf Grundlagenermittlung, Methodenfindung und Bewertung sowie die fachinterne und fachübergreifende Umsetzung des Wissens in die Naturschutzpraxis geht. Dazu gehören u. a.:

- Erarbeitung von großräumigen, regionalen und flächenbezogenen Zielvorstellungen (Leitbilddiskussion)
- Untersuchungen zur Raum-Zeit Dynamik ausgewählter Lebensräume
- Inventur von Schutzbereichen und kontinuierliche Erfassung der Verbreitung und Bestandsveränderung von Arten
- Erforschung der Habitatfunktionen von Landschaftselementen
- Entwicklung biologischer Monitoringsysteme
- Bereitstellung fachlicher Grundlagen für die Naturschutzpraxis (z. B. Rote Listen)
- Entwicklung standardisierter Methoden naturschutzfachlicher Bewertung
- Entwicklung von Konzepten der Erfolgskontrolle von Maßnahmen

2. Naturschutz als globales Problem

2.1 Biodiversität

Von der Entstehung der Erde vor ca. 4,8 Mrd. Jahren bis zum gesicherten Auftreten erster Mikroorganismen vergingen nach gegenwärtigem Kenntnisstand etwa 1 Mrd. Jahre. Über große Etappen lässt sich danach eine Entwicklung verfolgen, in der immer kompliziertere Lebensformen und Systembeziehungen innerhalb der Biosphäre entstanden (Abb. 3/4).

Biosphäre

Organismen bevölkern die Biosphäre aber nicht wahllos, denn für jede Art ist von einem multidimensionalen Beziehungsgefüge (ökologische Nische) auszugehen. Der Toleranzbereich der einzelnen Arten gegenüber biotisch-abiotischen Faktoren ist dabei begrenzt (Abb. 5/6). Viele dieser Zusammenhänge sind im Detail bisher jedoch kaum genauer quantifizierbar.

Ökologische Nische

Die wichtigste Bezugseinheit im System der Organismen ist die Art. Unter einer Art versteht man gewöhnlich alle Individuen, die unter natürlichen Umständen eine tatsächliche oder potentielle Fortpflanzungsgemeinschaft bilden, d. h. potentiell in der Lage sind, sich untereinander zu kreuzen, aber nicht mit Individuen anderer Gruppen. Neben diesem heute zumeist gebrauchten biologischen (populationsgenetischen) Artenbegriff gibt es aber auch noch andere intensiv diskutierte Definitionskonzepte (vgl. Abb. 9), so dass in der Praxis eine eindeutige Zuordnung und Abgrenzung von Arten nicht immer einfach ist.

Art

Jede Art umfasst einen mehr oder weniger breiten Genpool (Unterarten/Rassen), der die aktuelle Existenz, als auch eventuelle Anpassungsmöglichkeiten zukünftiger Bedingungen definiert (Abb. 7). Das Ausmaß dieser innerartlichen Vielfalt hängt von der Individuenzahl, der Größe des Verbreitungsgebietes, dem Isolationsgrad einzelner Populationen sowie vom genetischen System der betreffenden Spezies ab. Von Bedeutung sind weiterhin natürliche und anthropogen bedingte Selektionsvorgänge sowie andere Faktoren, die die räumliche und zeitliche Veränderung des Genbestandes beeinflussen.

Genpool

Jede Art ist ein einmaliges Naturgut, das Ergebnis eines sehr langen Evolutionsprozesses. Das Erlöschen der letzten Individuen einer Artpopulation ist mit einer endgültigen Vernichtung dieses artspezifischen Genbestandes verbunden. Mit dem Aussterben einer Art sind zugleich alle zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten abgeschnitten, die von dieser Art hätten ausgehen können (Abb. 7).

Aussterben

Da dynamische Veränderung eine Grundeigenschaft aller lebenden Systeme ist, kam es im Verlauf der Erdgeschichte zu erheblichen Veränderungen im Artgefüge, denn solange es Leben auf der Erde gibt, sind Arten entstanden und auch wieder verschwunden. Die heutigen Arten machen deshalb wahrscheinlich nur 2-4 % derjenigen aus, die je auf der Erde gelebt haben.

Artenzahl

Die genaue Zahl der heute auf der Erde lebenden Arten ist nicht bekannt. Die meisten Schätzungen liegen zwischen 5 und 30 Mio., einige reichen bis 100 Mio. Etwa 2 Mio. Arten wurden bisher wissenschaftlich erfasst, doch selbst von diesen bisher beschriebenen Arten gilt erst ein Bruchteil als wissenschaftlich genauer untersucht (Abb. 9).

Für die natürliche Lebensdauer einer Art lassen sich nur schwer genauere Angaben machen. Aufgrund fossiler Funde liegen die Schätzungen zwischen einigen 100.000 und etwa 5 Mio. Jahren. Doch bei dem natürlichen Prozess des Aussterbens stehen die Nachfolger in der Regel bereits bereit, wird das Erlöschen von Arten durch eine Neuentwicklung nicht nur ausgeglichen, sondern führt zumeist zu spezialisierteren Formen und komplexeren Systemen.

Massensterben

Allerdings ist die Evolution des Lebens auf der Erde nicht gleichmäßig im Sinne einer stetigen Zunahme immer höher organisierter Arten und Systeme verlaufen, sondern es gab innerhalb der wissenschaftlich etwas besser überschaubaren letzten 600 Mio. Jahre, d. h. der Zeitspanne der Entwicklung von primitiven, meeresbewohnenden Einzellern bis zum vernunftbegabten Menschen, auch mindestens fünf globale Massensterben (Abb. 3). Sie fanden am Ende des Ordoviziums, im Devon, Perm, Trias und in der Kreide statt. Über Ursachen und zeitlichen Verlauf gibt es allerdings keine genauen Kenntnisse. Es hat aber jeweils zwischen 20 und 100 Mio. Jahre gedauert, bis sich die Artenvielfalt nach den starken Verlusten wieder erholt hatte. Diese Dimensionen machen deutlich, dass eine Regeneration des aktuell stattfindenden Artenrückganges in einer für unser eigenes Überleben überschaubaren Zeitspanne nicht möglich sein wird.

Mensch - Natur Verhältnis

Das Mensch - Natur Verhältnis kann man hinsichtlich Intensität und Umfang landschaftlicher Veränderungen in mehrere große Etappen untergliedern (vgl. Abb. 3, 32-34). Dabei kam es ständig auch zu Auswirkungen auf Natur und Landschaft, denn bei jeglicher Form der Nutzung der Landschaft durch den Menschen treten auch zwangsläufig ökologische Veränderungen, Beeinträchtigungen und Schäden an der Natur auf. Diese ist durch ihr Puffer-, Regenerations- und Anpassungsvermögen aber in der Lage, in gewissen Grenzen diese Einwirkungen immer wieder abzufangen sowie auszugleichen und damit die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und die Nutzbarkeit der erneuerbaren Naturgüter zu ermöglichen (Abb. 4). Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts - und

besonders drastisch während der letzten fünf Jahrzehnte – kommt es aber zu derart massiven strukturellen und funktionellen Veränderungen, dass, auch hinsichtlich der ökologischen Basis menschlicher Existenz, globale Risiken nicht auszuschließen sind.

Der Rückgang der Biodiversität ist eines dieser globalen Umweltprobleme. Denn die Vernichtung von Pflanzen- und Tierarten findet inzwischen in einem Umfang statt, der die von der Natur bedingten Aussterberaten um ein Vielfaches übersteigt (Abb. 8). WILSON (1995) geht davon aus, dass sowohl die Aussterbewahrscheinlichkeit pro Art als auch die absolute Abnahme der Artenzahlen zwischen 1.000 - 10.000mal größer ist als vor dem Eingreifen des Menschen. Dieser vom Menschen ausgelöste Artenrückgang ist auch deshalb nicht mit dem natürlichen Prozess des Aussterbens von Arten gleichzusetzen, da die Arten direkt oder indirekt vernichtet und dadurch quasi „ersatzlos gestrichen“ werden. Deshalb ist der Begriff der „Ausrottung“ zutreffender.

„Ausrottung“

Nach den meisten Schätzungen werden inzwischen pro Tag durchschnittlich etwa 100 Arten vernichtet. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung ‚Globale Umweltveränderungen‘ (WBGU) geht davon aus, dass unter den gegenwärtig vorhandenen Bedingungen in den nächsten 50 Jahren zwischen 10 und 50 % des heutigen Artenbestandes aussterben wird. Auch wenn bei all diesen Zahlenangaben zu beachten ist, dass sie auf Extrapolation beruhen und sich nicht exakt belegen lassen, steht außer Zweifel, dass die Erde Arten und innerartliche Vielfalt, d. h. Anpassungsmöglichkeiten an veränderte Umweltbedingungen der Zukunft, in einem Umfang verliert, der weit über der natürlichen Aussterberate liegt. Durch diese vom Menschen verursachte „Generosion“ werden aber nicht nur die Artenzahl unmittelbar verringert, sondern durch Verkleinerung des Genpools auch die Voraussetzungen für einen evolutiven Ausgleich. Dementsprechend geht es bei den gegenwärtigen Bemühungen zum Schutz der Biodiversität nicht nur um den Erhalt der heute vorhandenen Lebewelt, sondern auch um das Potential für zukünftige Evolutions- und Entwicklungsabläufe.

Generosion

Der gegenwärtige Artenrückgang ist vor allem das Ergebnis weltweit ablaufender Lebensraumveränderungen. Diese Veränderungen treffen nicht nur die bei weitem reichsten biologischen Einheiten (tropische Regenwälder, Korallenriffe), sondern erstrecken sich gleichermaßen in alle großen ökologischen Zonen (Flächenreduktion tropischer und borealer Wälder, Ausbreitung der Wüsten und Steppen, Veränderung der Fließgewässerökosysteme und der von ihnen abhängigen terrestrischen und semiterrestrischen Lebensräume) (Abb. 10). Neben dem direkten Flächenverlust sind die menschlichen Einflüsse auf das Lokal- und Großklima sowie die Ausbreitung und Anreicherung von Umweltchemikalien in der Natur wesentliche, von ihrer Tragweite her aber nur

schwer abzuschätzende Faktoren der weltweiten Veränderung und Gefährdung wichtige Großlebensräume und des jeweiligen Arteninventars.

Die extrem lange Entwicklungsdauer einiger dieser Ökosystemkomplexe (geologische Zeiträume) und die bereits veränderten Umweltbedingungen auf der Erde schließen eine Neuentstehung aus und begrenzen auch alle Renaturierungsmodelle.

Wie viele Arten brauchen wir?

Die Frage, wie viele Arten die Erde braucht, ist wissenschaftlich nicht mit Zahlen belegbar. Die Zahl der vom Menschen unmittelbar genutzten Arten ist vergleichsweise gering. So werden in Deutschland von den ca. 76.000 bisher nachgewiesenen Arten (Tiere, Pflanzen, Pilze) nur etwa 500 in einer direkteren Form genutzt. Geht man aber vom Systemcharakter im Naturhaushalt aus, so gibt es keine entbehrlichen Arten. Die Artenschutzargumente sprechen in der Summe dafür, die Artenfülle der Erde nicht ohne zwingende Gründe zu reduzieren, denn die Abhängigkeit unserer eigenen Existenz vom Vorhandensein biologischer Vielfalt und biologischer Ressourcen wird auch in Zukunft bestehen bleiben und durch die Entwicklungen in den Biotechnologien sowie der Verknappung endlicher Ressourcen noch an Bedeutung gewinnen.

„Noah-Prinzip“

Nach dem sogenannten „Noah-Prinzip“ sollten deshalb grundsätzlich alle Arten Schutz vor Ausrottung genießen, ohne dass ein Beweis für ihre Nützlichkeit im Einzelfall zu liefern ist.

Es besteht heute weitgehende Einigkeit darüber, dass im großen Umfang tiefgreifende Veränderungen ökosystemarer Beziehungsgefüge erfolgten. Uneinigkeit gibt es aber in der Beurteilung der Risiken. Folgeabschätzungen sind auf der Basis unserer nach wie vor partiellen Kenntnis der komplexen ökosystemaren Wirkungsbeziehungen nur begrenzt möglich, sie sind auch deshalb kompliziert und mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet, da sich ökologische Prozesse gewöhnlich in zeitlichen Größenordnungen entwickeln, die über normale menschliche Planungen weit hinausgehen.

Begründung Naturschutz

Der Mensch ist für seine biologisch-physische Existenz als soziales Wesen auf eine weitgehend schadstoffarme und intakte natürliche Umwelt (Wasser, Boden, Luft, Pflanzen- und Tierwelt, Naturhaushalt und Klima), auf nachhaltige Nutzbarkeit erneuerbarer und den sparsamen Gebrauch nicht erneuerbarer natürlicher Ressourcen angewiesen. Aus diesem Prinzip der Verantwortung gegenüber sich selbst und den Interessen kommender Generationen ergibt sich die Notwendigkeit eines umfassenden Schutzes von Natur und Landschaft. Da die Geschwindigkeit ökosystemarer Veränderungen die des wissenschaftlichen Kenntnisstandes weit übersteigt, werden die Naturwissenschaften auch zukünftig keine umfassenden Kausalanalysen der Folgewirkungen ge-

ben können. Vorsorge kann deshalb nur bedeuten, Handlungen so lange zu unterlassen, bis Naturverträglichkeit ausreichend belegt ist.

Für die Begründung des Naturschutzes werden zumeist folgende Argumente angeführt (Abb. 11):

Religiöse oder moralisch-ethische Begründung: Die Natur bildet einen Gegenstand menschlicher Verantwortung, aus der heraus es - im Sinne der „Bewahrung der Schöpfung“ oder aus „Ehrfurcht vor dem Leben“ - das Lebensrecht aller Organismenarten um ihrer selbst willen zu achten und zu sichern gilt („Eigenrecht der Natur“). Darüber hinaus besteht eine moralisch-ethische Verpflichtung der heute lebenden Menschen gegenüber zukünftigen Generationen hinsichtlich des nachhaltigen Umgangs mit den natürlichen Ressourcen und der Vermeidung irreparabler Umweltschäden.

Religiöse / ethische Gründe

Ökologische und wissenschaftliche Gründe: Erhalt des biologischen Gleichgewichts zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen sowie wichtiger ökologischer (gleichzeitig auch ökonomischer) Gratisfunktionen (Filter- und Entgifterwirkung, Bioindikationspotential, Blütenbestäubung, Humuserzeugung). Die Natur dient darüber hinaus als Grundlage für zukünftige Forschung in der Biotechnologie, Bionik, Pharmazie, Medizin, Land- und Forstwirtschaft und anderen Bereichen sowie der Bewältigung von Bildungsaufgaben zur Vermittlung und Entwicklung von Umweltwissen und Umweltbewusstsein. Erhalt der Arten- und Formenmannigfaltigkeit der Organismen als Ressource und Voraussetzung für zukünftige Evolutionsprozesse.

Ökologische und wissenschaftliche Gründe

Wirtschaftliche Begründung: Nachhaltige Sicherung natürlicher Ressourcen um die Nutzbarkeit von Naturgütern, Nahrungsmitteln und Rohstoffen zu erhalten.

Wirtschaftliche Gründe

Schätzungsweise 80.000 der weltweit vorkommenden 250.000 Gefäßpflanzen enthalten genießbare Bestandteile, davon werden derzeit erst ca. 15.000 angebaut bzw. verwertet. Etwa 75 % der weltweit auf dem Markt befindlichen Arzneimittel sind pflanzlichen oder tierischen Ursprungs. Pflanzen und Tiere liefern zahlreiche wertvolle Substanzen (unterschiedliches Holz, Öl und Wachs, verschiedene Farb-, Geruchs- und sonstige Wirkstoffe). Fossile Brennstoffe sind aus pflanzlichem Material entstanden. Die Natur kann als Vorbild für technische Entwicklungen dienen (z. B. Sonarsystem - Wale, Flugzeugbau - Aerodynamik von Vögeln und Insekten).

Ästhetische Begründung: Naturerfahrungen und Naturerleben sowie die Ruhe und Entspannung gelten als Grundbedürfnisse des Menschen. Sie sind eine wesentliche Basis seines Wohlbefindens, für Erholung, Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Menschliche Gefühle (Heimatge-

Ästhetische Gründe

fühl, Empfindungen für Schönheit, Verständnis für Schutzbedürftigkeit, Welterfahrung) entstehen und entwickeln sich auch im Prozess der Aneignung der Natur.

Natur- und kulturgeschichtliche Gründe

Natur- und kulturgeschichtliche Begründung: Bedeutsame Naturobjekte besitzen aufgrund ihres Alters oder anderer Besonderheiten einen hohen Wert, der durch Vernichtung unwiederbringlich verloren gehen würde. Auch in der Kulturgeschichte Mitteleuropas bildet die Natur einen wesentlichen Faktor, so dass bestimmte Elemente der traditionellen Kulturlandschaft, wie für Bau- und Kunstwerke in Museen oder durch Maßnahmen des Denkmalschutzes selbstverständlich, als Teil der Geschichte menschlichen Wirkens erhalten werden sollten.

Trotz dieser Begründungen konnte sich der Naturschutz in unserer modernen Gesellschaft gegenüber anderen Nutzungsformen bisher nicht entscheidend durchsetzen. Ein in dem Zusammenhang wahrscheinlich wesentlicher Aspekt ist, dass sich diese allgemein breit akzeptierten Gründe und Potentiale nicht in der für alle wirtschaftlich, technisch und politischen Bereiche heute typischen und wichtigen Form von Gewinn- und Verlustbilanzen genauer prognostizieren und monetarisieren lassen.

Die starke Ausrichtung allein auf die materiellen Interessen des Menschen ist ein wesentlicher Ansatzpunkt ethischer Diskussionen um den Eigenwert der Natur, denn wenn der Natur ein gleichberechtigter Eigenwert wie das menschliche Leben eingeräumt würde, bräuchte sie sich nicht mehr gegenüber anderen Nutzungsansprüchen zu verteidigen.

2.2 Internationale Organisationen und Übereinkommen

Derzeit sind etwa 80 Verträge in Kraft, die sich auf globaler oder internationaler Ebene Fragen des Naturschutzes widmen. Sie bilden nach Beitritt eines Landes eine Richtschnur für das nationale Recht und müssen in der Regel in einer jeweils festgelegten Form in die nationale Gesetzgebung integriert werden. Ihre Erfolgsbilanzen fallen allerdings sehr unterschiedlich aus.

Biodiversitäts-Konvention

Der Schutz der biologischen Vielfalt gilt heute global und national als wesentliches Ziel des Naturschutzes. Dem dient das auf der Umwelt- und Entwicklungskonferenz (UNCED) in Rio initiierten Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Biodiversitäts-Konvention / Convention on Biological Diversity - CBD), das inzwischen von 192 Staaten und der Europäischen Gemeinschaft gezeichnet wurde (Stand:

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

UMWELTGERECHTE LANDNUTZUNG

Bettina Eichler-Löbermann
Stefanie Busch

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Einleitung / Grundlagen	9
1.1 Agrarraum	9
1.2 Nachhaltigkeit	9
1.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen	11
1.4 Klimatische Rahmenbedingungen	12
1.5 Bodennutzung in Mitteleuropa	13
1.6 Ertragsentwicklung	13
2. Fruchtfolgen	17
2.1 Notwendigkeit für Fruchtfolgen	17
2.2 Fruchtfolgefunktionen	17
2.3 Termini	18
2.4 Vorfrucht-Nachfrucht-Beziehungen	20
2.4.1 Rückfluss organischer Substanz	21
2.4.2 Bodenstruktur	22
2.4.3 Restmengen an Düngern und Pestiziden	22
2.4.4 Zeitpunkt für die Aussaat der Nachfrucht	22
2.4.5 Nährstoffmobilisierung	23
2.4.6 Reduzierung von Schaderregern	24
2.5 Anbaupausen	25
2.6 Brache	26
2.7 Zwischenfrüchte	28
2.8 Grundsätze der Flureinteilung	29
3. Bodenfruchtbarkeit	31
4. Nährstoffversorgung/ Düngung	35
4.1 Einsatz von Düngemitteln in der Welt	35
4.2 Düngereinflüsse auf die Umwelt	38
4.3 Stickstoff im Boden	39
4.4 Phosphor im Boden	40

4.5	Möglichkeiten zur Verbesserung der Nährstoffversorgung	41
4.5.1	Düngung	41
4.5.2	Verbesserung der Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden	45
4.5.3	Nährstofffixierung (Legume N-Bindung)	45
4.5.4	Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen	46
4.5.5	Erhöhung der Nährstoffeffizienz der Pflanzen	46
4.5.6	Einsatz von Mikroorganismen	48
5.	Nährstoffverluste aus der Landwirtschaft: Erosion, Nitratauswaschung und Emissionen	51
5.1	Nährstoffeinträge in Gewässer	51
5.2	Bodenerosion	54
5.3	Nitratauswaschung	58
5.3.1	Austauschhäufigkeit des Bodenwassers	58
5.3.2	Nitratkonzentration im Sickerwasser	61
5.4	Nährstoffverluste durch Emissionen	62
6.	Reduzierung von Nährstoffverlusten	65
6.1	Programme, Gesetze und Verordnungen	65
6.2	Düngeverordnung	66
6.2.1	Sperrfrist für Düngemittel mit wesentlichem N-Gehalt	70
6.2.2	Bestimmungen für flüssige organische Düngemittel	70
6.3	Nährstoffbilanzierung	71
6.4	Reduzierung von Nährstoffverlusten durch bedarfsgerechte Düngung ..	77
6.5	Reduzierung von Nährstoffverlusten durch Fruchtfolgegestaltung	83
6.6	Reduzierung von Nährstoffverlusten durch Erosionsschutz	88
6.6.1	Fruchtfolgen	90
6.6.2	Bearbeitungsrichtung	91
6.6.3	Anbaustrategien	92
6.6.4	Windschutzhecken	94
6.7	Besonderheiten im ökologischen Landbau	94
7.	Organische Bodensubstanz und Humusbilanzen	99
7.1	Organische Bodensubstanz und Humus	99
7.2	C/N-Verhältnis	101

7.3	Humusbilanz	103
7.4	Besonderheiten des Energiepflanzenanbaus	106
8.	Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie	111
8.1	Bioenergie in Deutschland	111
8.1.1	Anbau nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche und energetische Nutzung	111
8.1.2	Energiebereitstellung	113
8.1.3	Biomasseaktionsplan	115
8.1.4	Nutzen und Risiken der Bioenergie	116
8.2	Kriterien der Nachhaltigkeit für die Erzeugung von Bioenergie	117
8.2.1	Klima (Treibhausgas, Kohlenstoffspeicher)	118
8.2.2	Landnutzung	120
8.2.3	Ökonomie (Wertschöpfung)	121
8.2.4	Soziale Auswirkungen	122
8.2.5	Biodiversität	122
8.2.6	Umwelt	123
8.2.7	Energieeffizienz	123
8.3	Anbausysteme für Energiepflanzen	124
8.3.1	Zweikulturnutzung	125
8.3.2	Mischfruchtanbau	127
	Quellennachweis	131
	Literaturempfehlung	136
	Glossar	137
	Abkürzungsverzeichnis	151
	Abbildungsverzeichnis	153
	Tabellenverzeichnis	156
	Stichwortverzeichnis	158

Vorwort

Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld. Landnutzung (d.h. die Nutzung der Landschaft als Acker- und Grünland) und Tierhaltung haben unerwünschte Nebeneffekte. Dieser Lehrbrief soll einen Überblick über die Auswirkungen von Acker- und Pflanzenbau auf die Umwelt geben und die Vereinbarkeit von Landnutzung und Umweltschutz beleuchten.

Die Landwirtschaft wird häufig kritisch als Ursache des Artenschwundes, der Stoff- und Nährstoffbelastung von Gewässern und als Quelle von Treibhausgasen gesehen. Aber sie kann andererseits auch als Treibhausgassenke fungieren sowie zum Gewässerschutz und zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit beitragen. Das lässt sich allerdings nur bei strenger Beachtung ökologischer Kriterien und mit einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verwirklichen.

Nachhaltigkeit lässt sich laut Rat für nachhaltige Entwicklung (2011) folgendermaßen definieren: „Nachhaltige Entwicklung heißt, Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Zukunftsfähig wirtschaften bedeutet also: Wir müssen unseren Kindern und Enkelkindern ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge hinterlassen.“

Dieser Lehrbrief beschäftigt sich mit Nachhaltigkeit im Acker- und Pflanzenbau. Er bietet einen Überblick über die komplexe Thematik der umweltgerechten Landnutzung. Es wird Grundwissen über die Art und Weise, in der Acker- und Pflanzenbau auf die Umwelt wirken, vermittelt und es werden verschiedene acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen vorgestellt, die ergriffen werden können, um die negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren bzw. in eine positive Richtung zu lenken.

Über die Autoren

Frau **PD Dr. habil. Bettina Eichler-Löbermann** promovierte 1997 an der Universität Rostock. Danach arbeitete sie von 1997-1998 als landwirtschaftliche Fachberaterin für den Markfruchtanbau bei der LMS Landwirtschaftsberatung. Seit 1998 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur *Pflanzenbau* der Universität Rostock tätig. Im Jahr 2004 schloss sie ihre Habilitation zum Thema „Möglichkeiten zur Einflussnahme auf Phosphorkreisläufe für die Gestaltung nachhaltiger Bodennutzungssysteme“ ab. Frau Eichler-Löbermann verfügt über Forschungserfahrung auf dem Gebiet der Gestaltung von Nährstoffkreisläufen im Pflanzenbau. Schwerpunkt ihrer Untersuchungen liegt dabei auf dem Nährstoff Phosphor. Zum Thema Nährstoffkreisläufe und

nachhaltiges Management natürlicher Ressourcen leitete sie mehrere nationale und internationale Projekte und veröffentlichte mehr als 100 wissenschaftliche Beiträge. Frau Eichler-Löbermann gehört der Expertengruppe der Baltic 21 an und ist Sekretärin der Düngungsorganisation CIEC. Sie übt Gutachtertätigkeiten für das BMBF, die Leibnitz-Gesellschaft sowie für zahlreiche wissenschaftliche Zeitschriften aus.

Frau **Dipl. agr. Ing. Stefanie Busch** schloss 2005 ihr Diplomstudium Agrarökologie an der Universität Rostock ab. Von 2006 bis 2008 arbeitete sie an der Humboldt-Universität zu Berlin an der Professur *Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen* als wissenschaftliche Mitarbeiterin zu dem Thema „Seneszenz von Sorghum unter Trockenstress“. Im Jahr 2010 nahm Frau Busch ihre Arbeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur *Pflanzenbau* der Universität Rostock auf und untersucht seitdem den Effekt von Mischfruchtanbau auf die P-Effizienz und den Ertrag von Energiepflanzen unter Trockenstress. Sie arbeitet an EU-Projekten zur nachhaltigen Erzeugung und Nutzung von Bioenergie und zur nachhaltigen Nutzung des Phosphors in Wirtschaftsdüngern mit.

PD Dr. habil. Bettina Eichler und Dipl. agr. Ing. Stefanie Busch

Professur Pflanzenbau

Im Februar 2012

1 Einleitung / Grundlagen

In diesem Kapitel werden zunächst die Begrifflichkeiten „Agrarraum“ und „Nachhaltigkeit“ erläutert, denn sie nehmen eine zentrale Stellung in diesem Lehrbrief ein. Des Weiteren wird ein Überblick über die Rahmenbedingungen für eine umweltgerechte Landnutzung sowie über die Ertragsentwicklung gegeben. In den anschließenden Kapiteln werden die acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Verringerung des Umwelteinflusses ausführlich erläutert.

1.1 Agrarraum

Der Agrarraum umfasst definitionsgemäß folgende Strukturen: Siedlung, Stallanlage, Wegenetz, Ackerland, Grünland, Gartenland (Gemüse- und Obstkulturen), Sonderkulturen (Wein, Obst, Hopfen), Gewässer und Wald.

Definition „Agrarraum“

Der Agrarraum hat folgende Funktionen: Produktionsfunktion, Entsorgungsfunktion, Filterfunktion, Erholungsfunktion, Lebensraum für Wildtiere und -pflanzen und Naturschutzfunktion.

Mit der Erfüllung dieser Funktionen kann im Agrarraum umweltgerecht und nachhaltig gewirtschaftet werden.

1.2 Nachhaltigkeit

In der Landwirtschaft wird Nachhaltigkeit folgendermaßen definiert: „Fähigkeit eines Agroökosystems, bei Nutzung dauerhaft Leistungen zu erbringen, ohne sich zu erschöpfen“ (Köppen, 2004).

Definition „Nachhaltigkeit“

Aspekte der Nachhaltigkeit in der Landnutzung:

Aspekte der Nachhaltigkeit

- Neben der **Höhe der Erträge** wird eine **hohe Ertragsstabilität** angestrebt, da so auch unter ungünstigen Bedingungen akzeptable Erträge erreicht werden.
- „Klasse statt Masse“ – für die Weiterverarbeitung in der Nahrungsmittelindustrie und für den Verbraucher ist die **Beachtung von Qualitätsparametern** von großer Bedeutung.
- **Alternative Anbausysteme** wie z.B. Zwei-Kultur-Nutzung und Mischfruchtanbau und der **kombinierte Anbau von Nahrungs- und Energiepflanzen** tragen zur Erhöhung der Erträge auf gleicher Fläche und zur Biodiversität bei.

- Der Anbau von **bisher nicht oder weniger etablierter Arten und Sorten** trägt zur Erhöhung der Biodiversität bei (z.B. Arten von Sorghum, Amarant, Silphie).
- Anpassung an den **Klimawandel** besteht u.a. in der Kulturartenwahl, so dass bisher nicht angebaute, wärmeliebende Kulturen zunehmend anbauwürdig werden, z.B. Sorghum bicolor, Sudan-gräser, Soja, Hartweizen und Topinambur (von Buttlar, 2012).
- **Nachhaltiger Anbau** beinhaltet den Schutz von **Luft, Boden und Wasser**.
- In **Low-Input-Systemen** wird mit möglichst wenig Arbeitsaufwand und Düngeraufwand ein ansprechender Ertrag („optimal output“) erwirtschaftet.
- **Hohe soziale Akzeptanz** ist im ländlichen Raum ein wichtiger Aspekt zur erfolgreichen Bewirtschaftung.

Beispiele für nicht nachhaltige Bewirtschaftungssysteme

Beispiele für nicht nachhaltige Bewirtschaftungssysteme

- **Verzicht auf Fruchtfolgen und Gründüngung** führt zu einer geringeren Ausnutzung der in dem System vorhandenen Nährstoffe und erhöht das Risiko von Nährstoffverlusten.
- Bei **unangepasster Düngermenge** erhöht sich die Gefahr von Nährstoffausträgen aus der Landwirtschaft (z.B. Stickstoffauswaschung).
- **Schlechtes Beregnungsmanagement** kann Nährstoffauswaschung zur Folge haben. Wenn hingegen zu geringe Wassermengen eingesetzt werden, kann das Wasser ungenutzt verdunsten.
- **Unangebrachte Nutzung von Pestiziden** kann zur Beeinträchtigung der Umwelt führen. Generell ist die Orientierung an Schadschwellen und der Einsatz von Pestiziden nur dort, wo sie wirklich nötig sind, sinnvoll.
- Die **Nutzung schwerer Technik** führt zu Bodenverdichtung und zur Zerstörung der Bodenstruktur. So werden die Funktionen des Bodens beeinträchtigt.
- Mit **Überweidung** steigt die Gefahr von Erosion, weil die Vegetationsdecke stark geschädigt und zu dünn wird.
- Die Veränderung der Landnutzung durch den **Anbau von Energiepflanzen** hat bislang auch viele nachteilige Umweltwirkungen durch Emissionen, Flächenkonkurrenz und einseitige Fruchtfolgen.

Diese Aspekte werden in den nachfolgenden Kapiteln dieses Lehrbriefes erneut aufgegriffen und eingehend erklärt.

1.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Die **Ziele EU-Agrarpolitik** im Überblick:

Ziele EU-Agrarpolitik

- Förderung von unbedenklichen Produktionsweisen,
- Erfüllung der Erwartungen der Verbraucher,
- Produktvielfalt,
- Erhaltung lebendiger ländlicher Gemeinden,
- Nachhaltigkeit unter Umweltgesichtspunkten,
- Erhaltung der natürlichen Ressourcen und des Naturerbes,
- Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Agrarsektors und
- nachhaltige Sicherung des Lebensstandards der Landwirte.

Das wichtigste Instrument der EU zur Forschungsförderung in Europa im Zeitraum 2007 – 2013 ist das 7. Rahmenprogramm für **Forschungsförderung**.

Flächenbezogene Beihilfen für den Landwirtschaftsbetrieb sind ein wichtiges agrarpolitisches Instrument der EU zur Steuerung der Menge landwirtschaftlicher Produkte am Markt. Beihilfen können aber auch dazu beitragen, nachhaltige Landwirtschaft in den Ländern zu umzusetzen. Die beihilfefähigen Flächen sind länderspezifisch. Die bekannteste flächenbezogene Beihilfe war die Direktzahlung im Rahmen der Agrarförderung für **Flächenstilllegung**. Aufgrund der verstärkten Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten wurde die Flächenstilllegung 2008 ausgesetzt und 2009 abgeschafft. Derzeit können Landwirte freiwillig Flächen stilllegen, vorausgesetzt, die Flächen werden einmal jährlich gemulcht (bei Grünland ist auch einmal in zwei Jahren das Abfahren des Erntegutes möglich). Ab 2013 ist eine regionale einheitliche Flächenprämie für alle Acker- und Grünlandflächen vorgesehen.

Flächenbezogene Beihilfen

Flächenstilllegung

1.4 Klimatische Rahmenbedingungen

Das Klima beeinflusst:

- das Kulturartenverhältnis (Ackerbaustandort, Grünlandstandort),
- das Ackerflächenverhältnis (z.B. Getreideanteil, Anteil Futterbau),
- die Fruchtfolge (zeitliche Reihenfolge einzelner Fruchtarten),
- die Ertragsbildung und -leistung,
- den Krankheits- und Schädlingsbefall,
- die Pflanzengesellschaft,
- die verfügbaren Feldarbeitstage und
- die Qualität der agrotechnischen Maßnahmen.

Im **maritim beeinflussten Klima** gibt es Besonderheiten im Pflanzenbau:

Die **Böden trocknen** im Frühjahr später ab, als im kontinentalen Klima. Deshalb ist der Boden später befahrbar und die **Frühjahrsbestellung** beginnt später. Aufgrund der niedrigeren Temperatur ist der **phänologische Verlauf** (Entwicklung der Pflanzen) verzögert, so dass die erste N-Gabe im frühen Frühjahr bei Vegetationsbeginn gegeben werden sollte.

Im maritimen Klima werden höhere Erträge mit **Feldfutter oder Klee-gras** erreicht als mit Luzernegras (Luzernegras hat Vorteile im Kontinentalklima).

Hier finden sich günstige Anbaubedingungen für **Raps und Hafer** und es wird als „**Gesundheitslage**“ für **Kartoffeln** bezeichnet, da hier die Vektoren für Kartoffelkrankheiten weniger aktiv sind.

Auswinterungsschäden (d.h. Absterben einzelner oder aller Pflanzen bei niedrigen Temperaturen) bei Getreide und Raps sind im maritim geprägten Klima geringer.

Außerdem ist die **Beregnungswürdigkeit** der Kulturpflanzen geringer als im Kontinentalklima.

1.5 Bodennutzung in Mitteleuropa

Mitteleuropa ist durch einen hohen Anteil an **fruchtbaren Böden** und einen geringen Anteil an Böden mit naturbedingten Defekten wie Trockenheit, Staunässe, Nährstoffarmut oder Flachgründigkeit geprägt.

Die Möglichkeiten zur **Flächenerweiterung** sind in Mitteleuropa erschöpft und es hat sich ein weites **Spektrum von Bodennutzungssystemen** (z.B. konventionelle, integrierte, extensive und ökologische Landwirtschaft) etabliert.

*Möglichkeiten zur **Flächenerweiterung** sind in Mitteleuropa erschöpft*

Landwirtschaftlich verursachte, **irreversible Schäden** durch Schadstoffkontamination, Erosion und Versalzung sind vermeidbar. Die Reproduktion der **Bodenfruchtbarkeit** ist unter mitteleuropäischen Verhältnissen unbedingt notwendig.

Im mitteleuropäischen Raum hat sich ein **stabiles Kulturartenverhältnis** (Verhältnis von Ackerland, Grünland, Gartenland und Dauerkulturen) eingestellt.

1.6 Ertragsentwicklung

In Abbildung 1 ist am Beispiel der Getreide der Ertragsanstieg seit etwa 1840 dargestellt. Gründe hierfür sind die Einführung des Fruchtwechsels und der mineralischen Düngung, sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Fortschritte in der Pflanzenzüchtung.

Ertragsanstieg seit etwa 1840

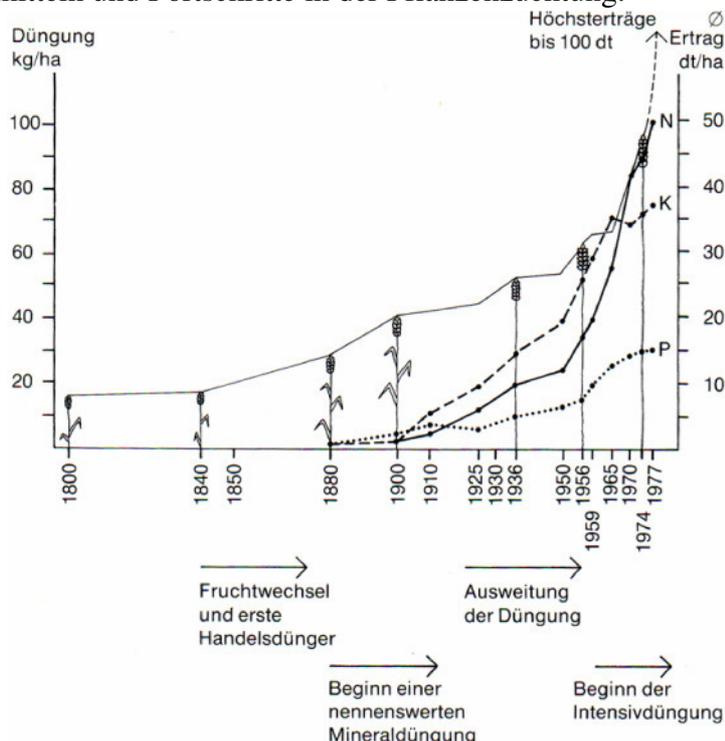


Abb. 1: Entwicklung der Getreideerträge (Wagentrisl, 2006)

Angesichts der wachsenden Bevölkerung stellt sich jedoch die Frage, ob bei nachhaltiger umweltgerechter Nutzung des begrenzt zur Verfügung stehenden Bodenfonds auch zukünftig eine für die Erdbevölkerung ausreichende Menge an Nahrungsenergie erzeugt werden kann (Köppen, 2004).

Wachstumsrate der Erträge (Welt) geringer als die der Weltbevölkerung

Diese Frage ist nicht unbegründet, ist doch erstmalig seit Jahrzehnten die Wachstumsrate der Erträge (Welt) geringer als die der Weltbevölkerung.

Laut FAO (2009) wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9.1 Milliarden ansteigen, das sind 34 % mehr als 2009. Dabei wird das höchste Bevölkerungswachstum vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu verzeichnen sein. Zudem wird eine zunehmende Urbanisierung (70 % der Weltbevölkerung werden in Städten leben) zu verzeichnen sein, und das Einkommensniveau wird sich deutlich erhöhen. Um diese größere, reichere Bevölkerung zu ernähren, wird die Nahrungsproduktion um 70 % steigen müssen. Die jährliche Getreideproduktion muss auf 3 Mrd. Tonnen (2009: 2.1 Mrd. t) steigen; die jährliche Fleischproduktion um mehr als 200 Mio. Tonnen, um 470 Mio. t zu erreichen.

Abbildung 2 veranschaulicht die sinkende Wachstumsrate der Erträge und darüber hinaus auch die Abnahme der Flächen- und Arbeitskraftproduktivität.

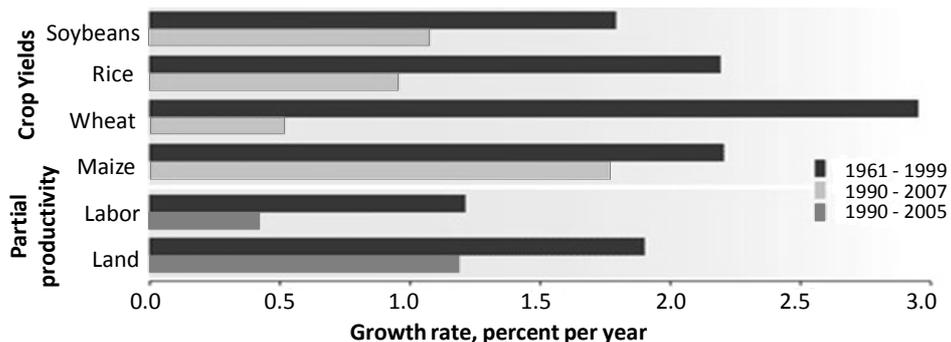


Abb. 2: Weltertrag und Wachstumsrate der landwirtschaftlichen Produktivität (Alston et al., 2009)
 Ertrag in $t\ ha^{-1}$
 Labor productivity = Gesamtoutput pro Arbeitskraft in der Landwirtschaft (außer China)
 Land productivity = Gesamtoutput je landwirtschaftliche Fläche (außer China)

ÜBUNGSFRAGEN

1. Definieren Sie den Begriff „Agrarraum“.
2. Was ist Nachhaltigkeit? Erläutern Sie die Aspekte der Nachhaltigkeit in der Landnutzung.
3. Welche Beispiele für nicht nachhaltige Bewirtschaftungssysteme kennen Sie?
4. Nennen Sie die Ziele der EU-Agrarpolitik.
5. Wie beeinflusst das Klima die Landnutzung?
6. Welche Besonderheiten gibt es für den Pflanzenbau im maritimen Klima?
7. Geben Sie einen Überblick über die wesentliche Aspekte der Bodennutzung in Mitteleuropa.
8. Beschreiben Sie die Ertragsentwicklung von 1840 bis heute.



UNIVERSITÄT ROSTOCK

Helmut Winkler

Fischereibiologie und -wirtschaft

Universität Rostock

Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Biologische Grundlagen	11
1.1 Fische aus systematischer Sicht	11
1.2 Systematik	13
1.3 Biologie und Ökologie	22
1.3.1 Lebenszyklus	22
1.3.2 Anpassungen an verschiedene Lebensräume	23
1.3.3 Reproduktionsbiologie	32
1.3.4 Ernährungsbiologie	34
1.3.5 Weitere Beziehungen zu anderen Organismen	37
1.4 Fische als Bioindikatoren	38
1.5 Artenbestand und Gefährdung	40
2 Fischerei	45
2.1 Begriffsbestimmung	45
2.2 Fangmethoden und -geräte	50
2.2.1 Wichtige Methoden und Geräte der Meeresfischerei	51
2.2.2 Wichtige Methoden der Seen- und Flußfischerei	58
2.2.3 Methoden der Freizeitfischerei	60
2.3 Kommerzielle Meeresfischerei	61
2.3.1 Meeresfischerei	61
2.3.2 Binnenfischerei	64
2.3.3 Aquakultur	67
2.4 Fischerei in Mecklenburg- Vorpommern	75
2.4.1 Ostsee und Boddengewässer	76
2.4.2 Binnenfischerei	86
3 Fischerei und Naturschutz	91
Abbildungsverzeichnis	93
Tabellenverzeichnis	95

Vorwort

Fische ist der Sammelbegriff für eine sehr heterogene Wirbeltiergruppe, die eint, dass sie zeitlebens an das Medium Wasser gebunden sind. Sie werden den terrestrischen Landwirbeltieren/Tetrapoden/ gegenübergestellt, die sich entwicklungsgeschichtlich aus den Fischen herleiten lassen.

Sie sind wichtiges Glied im Produktionsgefüge aller aquatischen Lebensräume und haben für die Menschen als Nahrungs- und Rohstofflieferant sowie als Objekt der Freizeitgestaltung erhebliche Bedeutung. Mit gegenwärtig jährlich etwas 80 Mill. Tonnen Fischfang aus den Weltmeeren und etwa 10 Mill. Tonnen aus den Binnengewässern scheinen die natürlichen Bestände in ihrer Kapazität weitestgehend erschöpft. Steigerungen der Fangintensität bewirken nur noch geringe Ertragszunahmen, dafür mehren sich die Anzeichen für irreparable Schädigungen an den Beständen der Fische und anderer aquatischer Organismen. Verschärfend wirken anthropogen verursachte Schädigungen der aquatischen Ökosysteme, durch Abwassereinleitung, Strukturzerstörungen u. dgl. mehr. Deshalb sind in den letzten 20 Jahren die Fischereierträge aus den Binnengewässern rückläufig. Die Entwicklung der Aquakultur könnte eine Perspektive sein, die den Druck auf die natürlichen Ressourcen verringern könnte, wenn sie auf wissenschaftlicher Grundlage und die Belange aller anderen Teile der natürlichen Umwelt berücksichtigend betrieben würde.

Als artenreichste Wirbeltiergruppe, die den größten Lebensraum unserer Erde besiedelt, ist sie sowohl aus ethisch-moralischen als auch aus praktischen Erwägungen heraus zu bewahren. Die Fischerei ist die urch älteste Nutzungsform, deren Praktizierung unter heutigen Bedingungen vielfältige Konflikte für den Fortbestand der genutzten Fischbestände selbst, andere Organismengruppen und der Lebensräume in sich birgt. Nur umfangreiches Wissen über die Fische, ihre Rolle im Naturhaushalt und Kenntnisse über die Grenzen ihrer Belastbarkeit bieten die Voraussetzung zur Vermeidung von Schäden an Fischgemeinschaften und aquatischen Ökosystemen.

In bestimmten Regionen unserer Erde wäre die Existenz der Menschen ohne Fisch sicher auch denkbar, in anderen kaum. Auf jeden Fall wären wir ohne sie der Wurzeln unserer Entstehungsgeschichte beraubt, wären viele andere Tierarten zum Aussterben verurteilt, wäre unser Planet und unser Leben um vieles ärmer und unsere Zukunft noch unbestimmter.

Zu empfehlende Literatur:

- BARTHELMES, D. (1984): Hydrobiologische Grundlagen der Binnenfischerei. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- BAUCH, G. (1961): Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann-Verlag, Radebeul-Berlin.
- BICK, H. (1989): Ökologie.(insbes. S. 233 - 248)
- BOHL, M. u. Mitarb. (1982): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. DLG-Verlags-GmbH Koblenz.
- FIEDLER, W. (1995): Einheimische Wildfische. Tetra-Verlag.
- KYLE, H. M. & E. EHRENBAUM (1929): Vertebrata, Teil Pisces, In: GRIMPE & WAGLER (Hrsg.): Die Tierwelt der Nord- u. Ostsee.
- MATTERN, J. (1999): Fischereifachkunde für Seen, Flüsse und küstennahe Gewässer. Parey Buchverlag Berlin.
- NOWAK, E., BLAB, J. & R. BLESS (1994): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, H. 42, Bonn-Bad Godesberg.
- REICHENBACH-KLINKE, H. (1970): Grundzüge der Fischkunde. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- WESTHEIDE, W. / R. RIEGER (Hrsg.) (2004): Spezielle Zoologie, Teil 2: Wirbel oder Schädeltiere, Spektrum Akademischer Verlag G. Fischer (insbes. S.171-302)
- WUNDSCH, H. H. (1963): Fischereikunde. Neumann-Verlag, Radebeul-Berlin.

Weiterführende Literatur

- BONE, Q. & N. B. MARSHALL (1985): Biologie der Fische. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New-York.
- FIEDLER, K. (1991): Fische, 2. Teil. In: STARCK, D. (Hg.): Wirbeltiere Bd. II, Gustav Fischer verlag Jena.
- Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Schweitzerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- HELFMAN, G.S., COLLETTE, B.B. & D.E. FACEY (1997): The Diversity of Fishes. Blackwell Science, Inc.
- SUWOROW, J. K. (1959): Allgemeine Fischkunde, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

Lehrziele

Es geht um die Vermittlung von übersichtsmäßigen Kenntnissen zur Systematik, Ökologie und wirtschaftlichen Nutzung dieser Gruppe. Damit soll Verständnis geweckt werden für den Erhalt dieser Artengruppe als Bestandteil unserer natürlichen Umwelt. Aus der Kenntnis ihrer Rolle im Naturhaushalt heraus sollen die Konfliktpotentiale für den Fisch bei der multifunktionellen Nutzung der aquatischen Ökosysteme transparent gemacht werden. Das gilt ganz besonders für die Fischerei und Aquakultur.

Folgende Aspekte sollen insbesondere behandelt werden:

- Artenvielfalt der Fische, besonders der BRD;
- Biologische u. ökologische Besonderheiten;
- Gefährdung der Arten und Bestände, Ursachen, Rote Listen;
- Bedeutung und Grundlagen der Fischerei;
- Formen u. Methoden;
- Konfliktbereiche zwischen Fischerei und Biotop- und Artenschutz u. anderen Formen der Gewässernutzung

1 Biologische Grundlagen

1.1 Fische aus systematischer Sicht

Es sind zeitlebens an das Wasser gebundene kiemenatmende wechselwarme Wirbeltiere, die i.d.R. unpaarige und paarige Flossen tragen. Mit ca. **über 25 000 rezenten** Arten stellen sie etwas mehr als 50 % aller gegenwärtig bekannten Wirbeltierarten (NELSON 1994).

Sie ähneln sich in ihrem Äußeren, da der Lebensraum Wasser seinen Bewohnern bestimmte Funktionsprinzipien auferlegt (Diese Erscheinung wird mit dem Begriff der Lebensformtypen, d.h. ähnliche oder analoge Körperformen, da die Anpassung an spezielle Umweltbedingungen nur bestimmte Bau- und Funktionsprinzipien zulässt). Nicht zufällig haben ausgestorbene Fische und rezente wasserlebende Tetrapoden wie Pinguine, Robben und Wale erstaunlich viele äußere Gemeinsamkeiten mit Fischen, anatomisch gibt es jedoch gewaltige Unterschiede.

Die **rezenten Großgruppen** innerhalb der Fischartigen lassen sich, von Ausnahmen abgesehen, im Exterieur gut differenzieren (Abb. 1). Rundmäuler haben aalähnliche Grundform, besitzen nur unpaare Flossen (Rücken-, Schwanz- und Afterflosse, weisen ein kieferloses rundes Maul auf, die Nasenöffnung ist unpaar, an der Körperseite sind 7 separate Kiemenöffnungen (Neunaugen) oder am Bauch zwei oder mehr Öffnungen (Inger).

„Rundmäuler“

Knorpelfische haben typische Fisch- (Haie, Holocephali) oder Plattfischform (Rochen). Neben den unpaaren Flossen treten paarige auf (Bauch- und Brustflossen). Vor dem meist unterständigen Maul befinden sich ein Paar Nasenöffnungen, die Kiemen kommunizieren nach außen separat mit 4 - 6 Kiemenspalten (Ausnahme Holocephali), zwischen diesen und dem Auge liegt das Spritzloch (Rest eines reduzierten Kiemenspaltes, bei Rochen dorsal hinter dem Auge, vgl. Abb. 2). Die Wirbelsäule ist im Unterschied zu den Rundmäulern keine durchgängige Chorda dorsalis sondern meist sind knorpelige Wirbelkörper vorhanden. Knorpelfische haben, im Unterschied zu den Rundmäulern und Knochenfischen, innere Befruchtung und sind überwiegend K-Strategen (erzeugen wenige, jedoch sehr gut angepasste Anatomie und geschützte Nachkommen, die einer geringen Sterblichkeit unterliegen). Beide Gruppen besitzen keine Schwimmblase.

Knorpelfische

K-Strategen

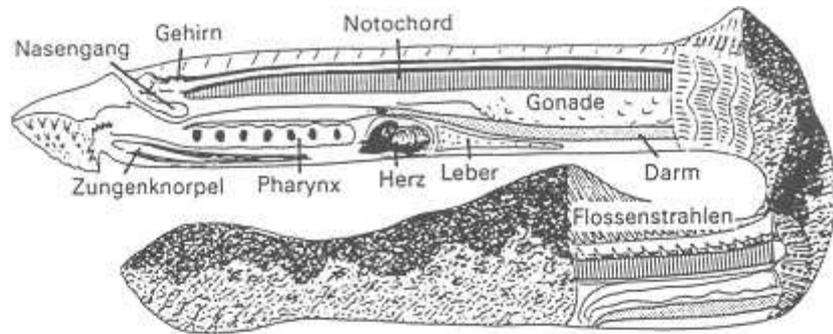


Abb. : Bauplan eines Neunauges. Nach Goodrich (1909).

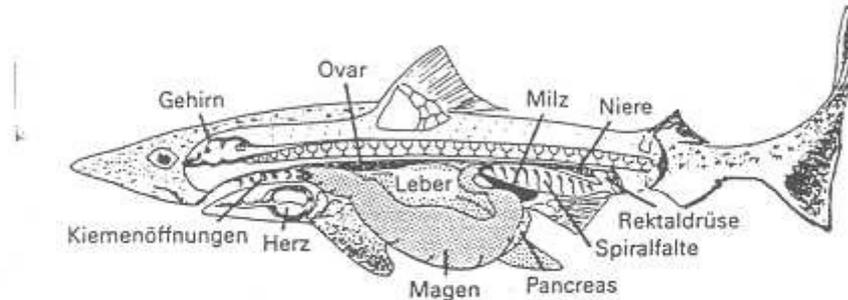


Abb. : Bauplan eines Haies (*Squalus*). Nach Lagler et al. (1977).

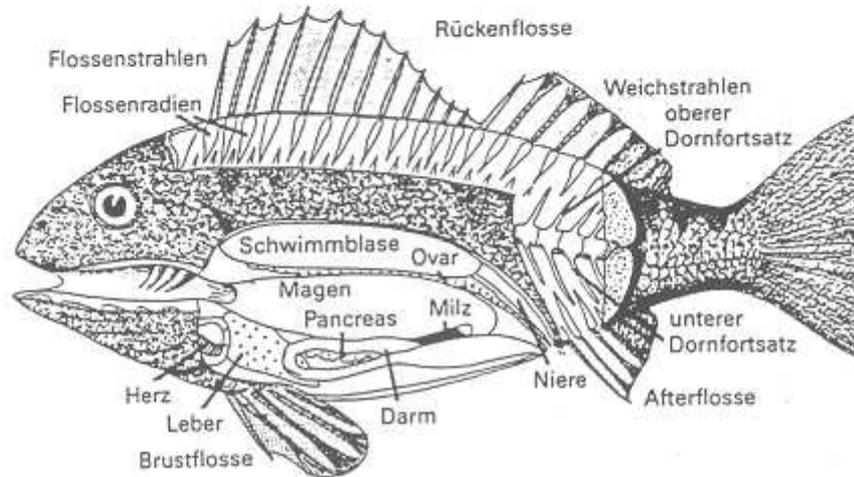


Abb. : Bauplan eines Teleosteers (*Perca*). Nach Dean (1895).

Abb. 1: Grundbauplan eines Rundmäulers, Knorpel- und Knochenfisches (nach BONE & MARSHALL 1985)

Knochenfische

Knochenfische im umgangssprachlichen Sinne (systematisch: Fleisch- und Strahlenflosser) zeichnen sich gegenüber den beiden vorherigen Gruppen durch ein knöchernes Skelett aus, seltener ist auch Knorpel daran beteiligt. Der Kiemenraum wird äußerlich durch den Kiemendeckel abgeschlossen, ein Spritzloch fehlt i.d.R., meist ist die Wirbelsäule aus knöchernen Wirbelkörpern konstruiert, als Ausstülpung des Vorderdarms kommen als zusätzliche Atmungsorgane Lungen vor oder, bei

den modernen Knochenfischen, werden sie zum hydrostatisches Organ, der Schwimmblase, umfunktioniert (Abb. 1).

Knochenfische haben i.d.R. eine äußere Befruchtung, zumeist sind sie *R-Strategen* (Erzeugen sehr viele, jedoch wenig angepasste Nachkommen, die einer hohen Sterblichkeit unterliegen. Der Reproduktionserfolg hängt vor allem von der Kombination abiotischer und biotischer Umweltfaktoren während der frühen Larvalentwicklung ab und unterliegt daher erheblichen interanuellen Schwankungen. Durch die riesige Menge wird trotzdem das Überleben einiger garantiert.).

Der Grundbauplan des Verdauungstraktes mit Anhangsdrüsen ist bei den großen Gruppen relativ ähnlich.

1.2 Systematik

Die nachfolgende systematische Übersicht nach NELSON (1994), enthält **nur die Gruppen mit rezenten Vertretern**. Die Unterdivision der Euteleostei (echte Knochenfische) ist nicht mit allen Überordnungen untersetzt, es sind nur die wichtigsten aufgeführt. Das gilt auch für die in Klammern genannten Fischordnungen, wobei vor allem die in unserem Faunengebiet vertretenen Gruppen berücksichtigt wurden.

Zum besseren Verständnis der Verteilung der Artenvielfalt auf die einzelnen Gruppen ist für einige in Klammern die ungefähre Zahl der rezenten Arten angegeben.

Stamm Chordata, Chordatiere

Systematik

Unterst. Vertebrata (Craniota), Wirbeltiere

I. Ükl. Agnatha, Kieferlose (97)

Kl. Myxini, Inger

O. Myxiniformes, Schleimaale, Inger *

Kl. Cephalaspidomorphi

O. Petromyzontiformes, Neunaugen *

II. Ükl. Ganthostomata, Kiefernünder

Kl. Chondrichthyes, Knorpelfische (über 1100)

Ukl. Holocephali, Chimären

Ukl. Elasmobranchii, Plattenkiemer

Haie und Rochen *

Kl. Sarcopterygii, Fleischflosser

Ukl. Coelacanthimorpha, Quastenflosser (2)

Ukl. Dipnoi, Lungenfische (6)

Ukl. Tetrapoda, Vierfüßer=Landwirbeltiere !! * (26 800)

Kl. Actinopterygii, Strahlenflosser

Ukl. Chondrostei, Knorpelganoide

O. Polypteriformes (Brachiopterygii), Flösselhechte (11)

O. Acipenseriformes, Störe (26) *

Ukl. Neopterygii, Neuflosser

O. Semionotiformes, Knochenhechte, Kaimanfische (7)

O. Amiiformes, Kahlhechte (1)

**Division Teleostei, Höhere- oder Knochenfische i.e.S.
(> 25 000)**

1.Unterdivis. Osteoglossomorpha, Knochenzüngler (217)

2.Unterdivis. Elopomorpha, Aalartige (>800) *

3.Unterdivis. Clupeomorpha, Heringsartige (360)*

4.Unterdivis. Euteleostei, Echte Kochenfische (ca. 23 000)

Üordn. Ostariophysii,

(Cypriniformes, Karpfenartige; * (2600)

Characiformes, Salmmler; (1300)

Siluriformes, Welse) * (2400)

Ü Ordn. Protacanthopterygii, (90)

(Salmoniformes, Lachsfische) *

(Esociformes, Hechte) *

Ü Ordn. Paracanthopterygii,

(Gadiformes, Dorschartige; * (480)

Lophiiformes, Armflosser)*

Ü Ordn. Acanthopterygii, Stachelflosser

(Cyprinodontiformes, Zahnkarpfenartige;

Atheriniformes, Ährenfischartige;

Gasterosteiformes, Stichlingsartige; einschl. Seenadeln; *

Scorpaeniformes, Drachenköpfe; * (1300)

Perciformes, Barschartige; * (9300)

Pleuronectiformes, Plattfische; * (570)

Tetraodontiformes, Kugelfische)

(Abkürzungen: Kl.-Klasse, Ukl.-Unterklasse, Divis.-Division, Unterdivis.-Unterdivision, Ü Ordn.-Überordnung, O.-Ordnung, alle lateinischen Namen mit der Endung -formes kennzeichnen Ordnungen, * in der einheimischen Fauna vertreten)

Die Gruppe der **kieferlosen Fischartigen (Agnatha)** ist durch die wenigen rezenten aber hochspezialisierten **Schleimaale/Inger (Kl. Myxini)** und **Neunaugen (Kl. Cephalaspidomorphi, O. Petromyzontiformes)** vertreten (2). Auf Grund der äußerlichen Ähnlichkeiten werden beide Gruppen traditionell als Rundmäuler bezeichnet. Während die systematische Zuordnung der Schleimaale wegen erheblicher Merkmalsabweichungen von allen anderen Wirbeltiergruppen umstritten ist, zeigen die Neunaugen größere Übereinstimmungen, zumindest in den Grundstrukturen. Gegenüber den ausgestorbenen mehr fischartig anmutenden Formen haben diese Vertreter dennoch viele abweichende Merkmale, so beispielsweise ist eine durchgehende Chorda dorsalis (Notochord) (Abb. 1) anstelle einer Wirbelsäule vorhanden. Von den bei ausgestorbenen Verwandten ursprünglich vorhandenen Wirbelkörpern ist außer den knorpeligen Bogenelementen nichts weiter übrig geblieben. Anstelle von Kiefern haben Neunaugen ein

„Rundmäuler“

knorpelgestütztes und mit Hornzähnen bewehrtes rundes Saugmaul (Rundmäuler!). Bemerkenswert ist ferner ein mehrere Jahre im Gewässergrund lebendes Larvenstadium (Querder, Ammocoetes), das sich erheblich vom geschlechtsreifen frei lebenden Tier unterscheidet. Diese Larve durchläuft eine Metamorphose, die u.a. mit einer Längen- und Massenabnahme einhergeht. Dagegen ist für die eigentlichen Kiefer tragenden Fische eine direkte Entwicklung charakteristisch. Die meisten Neunaugen sind anadrome Wanderer (Fortpflanzung und Larvalentwicklung im Süßwasser, Weidephase im Meer) und pflanzen sich nur einmal im Leben fort.

Kiefermäuler

Die **kiefertragenden Wirbeltiere (Gnathostomata, Kiefermäuler)** werden von Nelson (1994) in drei Klassen unterteilt, in die der **Chondrichthyes (Knorpelfische)**, der **Sarcopterygii (Fleischflosser)** und der **Actinopterygii (Strahlenflosser)**. Die letzten beiden Klassen wurden bisher unter dem Begriff **Osteichthyes (Knochenfische)** zusammengefasst, moderner ist der Begriff **Osteognathostomata**, d.h. Kieforträger mit Knochenskelett.

„Vierfüßer“

Die **landlebenden Wirbeltiere (Tetrapoda)** werden konsequenterweise neben den Quastenflossern und Lungenfischen als dritte Unterklasse der Sarcopterygii eingeordnet. Das scheint durch die stammesge-

schichtliche Verwandtschaft dieser Organismengruppen nur folgerichtig zu sein.

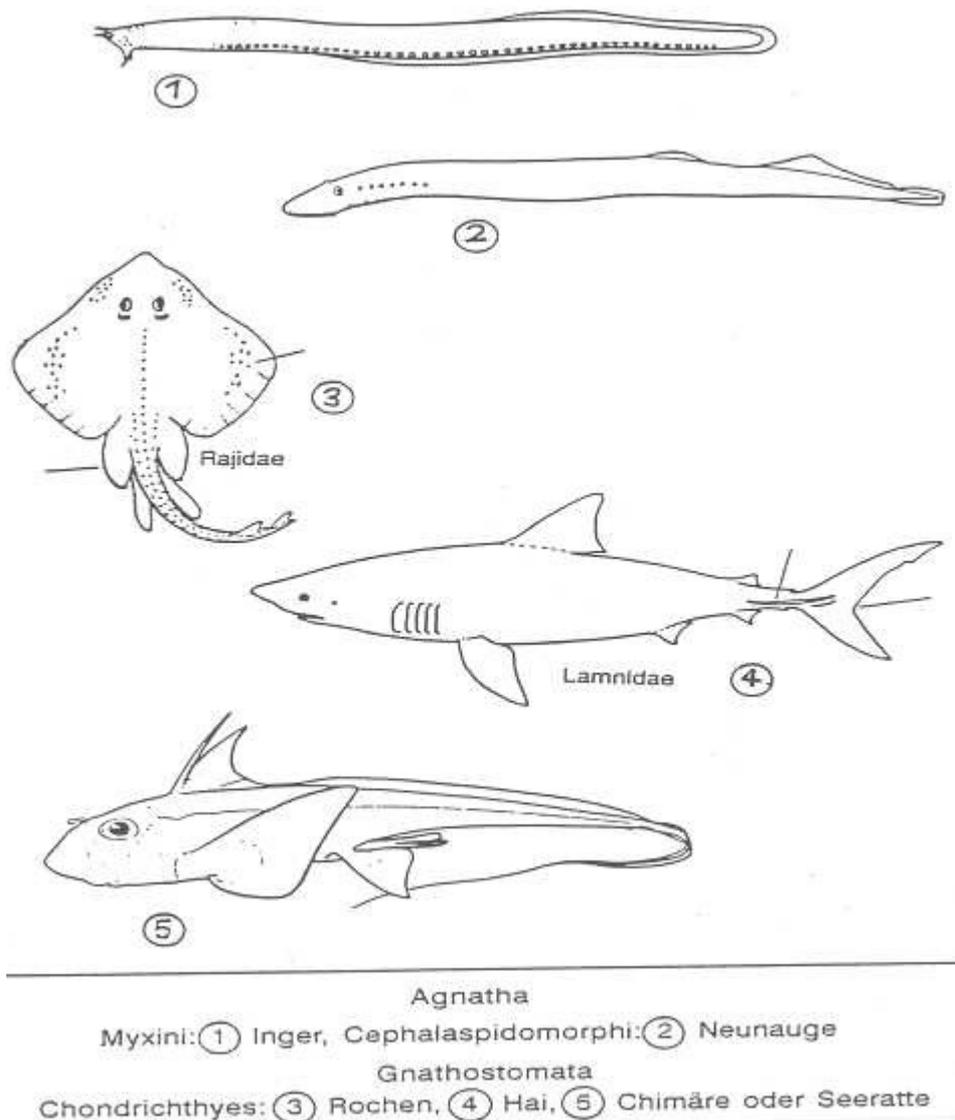


Abb. 2: Inger, Neunaugen und Knorpelfische

Den insgesamt vier rezenten "fischartigen Klassen" folgen somit vier Landwirbeltiergruppen (Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere).

Die **Klasse der Chondrichthyes** (1, 2) enthält fast ausschließlich marine Arten. Während Haie und Rochen (über 900 Arten) an mehreren äußeren Kiemenspalten, dem Spritzloch und Hautzähnen äußerlich leicht zu erkennen sind, haben die **Chimären (Holocephali 34 Arten)**, die auf den ersten Blick durch ihre ungewöhnliche Körperform auffallen, einen knorpeligen Kiemendeckel. Die männlichen Tiere der Knorpelfische sind äußerlich an den Begattungsorganen, die modifizierte Bauchflossenstrahlen darstellen, zu erkennen (2, Nr. 3 und 5). Insbesondere

Knorpelfische

- Fortpflanzung* die Haie zeigen interessante fortpflanzungsbiologische Anpassungen. Es kommen Eier legende, Eier lebendgebärende und lebendgebärende Formen vor. Spektakulär ist der bei einigen Arten beobachtete Geschwisterkannibalismus im Mutterleib. Bei einigen Arten wird der Embryo über plazentaartige Strukturen versorgt und die Tragezeiten sind die längsten, die von Wirbeltieren überhaupt bekannt sind (einige Monate bis über 2 Jahre). Es werden wenige aber sehr robuste Nachkommen erzeugt, die unter natürlichen Bedingungen wegen ihrer Größe kaum Feinde haben (K-Strategen). Deshalb, und wegen der späten Geschlechtsreife (nach 10-15 Jahren), sind sie gegenüber einer intensiven Fischerei besonders anfällig.
- Fleischflosser* Die Klasse der **Sarcopterygii**, aber auch einige ursprüngliche Actinopterygier (Polypteriformes) (Abb. 3, 3) zeichnen sich u. a. durch den Besitz von Lungen und durch den besonderen Bau ihrer paarigen Flossen aus. Hierher gehören die **Lungenfische (Dipnoi)**, die noch rezent in Australien, Afrika und Süpdamerika vorkommen und die **Quastenflosser (Crossopterygii, Coelacanthimorpha)**. In der letzten Gruppe sind die fossilen Vorfahren der Tetrapoden zu finden. Die rezenten Quastenflosser (gerade wurde eine 2. Art in Südostasien entdeckt!) haben als „lebendes Fossil“ die ganze Gruppe überdauert, indem sie sich in den marinen Lebensraum zurückgezogen haben. In unserer Fauna ist kein Vertreter aus diesen Gruppen zu finden.
- Lungenfische*
Quastenflosser
- Störe* Die Klasse der **Strahlenflosser (Actinopterygii)** wird in zwei Gruppen, die sogenannten Knorpelganoide (Ukl. Chondrostei, Ganoidschuppen und hoher Knorpelanteil im Skelett) und die Neuflosser unterteilt. Die Chondrostei sind bei uns nur durch die Störe vertreten, die aufgrund ihres urtümlichen Aussehens und der großen wirtschaftlichen Bedeutung (schwarzer Kaviar) allgemein bekannt sind.
- höhere Knochenfische* Innerhalb der Neuflosser führt die Hauptlinie zu den **Teleostei**, den vollkommenden Knochenfischen. In dieser Gruppe sind 96 % aller rezenten Fischarten konzentriert. Die Teleostei sind in ihrem Grundaufbau einheitlicher als die vorangestellten Gruppen.
- Das betrifft insbesondere die Verknöcherung und die Struktur des Skeletts, die Schwimmblase ist hydrostatisches Organ bzw. sekundär reduziert, der Körper ist von dünnen Knochenschuppen bedeckt, sekundär können sie fehlen oder durch Knochenplatten ersetzt werden. Neben den Rippen treten häufig zusätzliche segmentale Verknöcherungen (Zwischenmuskelgräten) auf.
- Aale* Mit Ausnahme der Knochenzüngler, sind die anderen Unterdivisionen (3) auch in unserer Fauna vertreten. In der Gruppe der **Aalartigen** sind alle Fische vereint, die in ihrer Entwicklung die vom Flußaal her bekannte Weidenblattlarve in ihrer Ontogenese durchlaufen. Neben Aal-

artigen, Muränen etc. finden sich hier auch Fische, die als Adulte eher den Heringen ähneln.

Die **Heringsfische** entsprechen in vielen Merkmalen den ursprünglichen Gruppen der **Euteleoster**, über die Karpfenartigen bis zu den Lachsfischen ist der äußere Grundtypus sehr ähnlich (4) (eine Rücken- und Afterflosse, eine bauchständige Bauchflosse, Knochenstrahlen in den Flossen sind die Ausnahme, Cycloidschuppen (Rundschuppen), die Schwimmblase hat Verbindung mit dem Vorderdarm (physostome Fische). Innerhalb der Paracanthopterygier variiert die Zahl und Form der unpaaren Flossen, die Bauchflosse wird brust- bis kehlständig und die Schwimmblase ist geschlossen (physocliste Fische). Diese Veränderungen werden bei den Acanthopterygiern (Stachelflossern) noch weitergeführt, es treten Stachelstrahlen in den Flossen und häufig auch am Kopf auf, die Schuppen sind ctenoid (Kammschuppen), sekundär können sie auch Knochenplatten tragen (z.B. Stichlinge, Seenadeln) bzw. nackt sein.

*Heringe,
Euteleoster, echte
Knochenfische*

Aale, Heringe, Dorsch- und Barschartige sind überwiegend marine Arten. Knochenzüngler, Ostariophyse und einige Gruppen der Barschartigen sind primär Süßwasserbewohner. In unserer einheimischen Fauna der Süß- und Brackgewässer sind die artenreichsten Gruppen die Karpfenartigen (Cypriniformes, umgangssprachlich Weißfische) und die Lachsartigen (Salmoniformes). Neben dem Karpfen sind die Arten Flussbarbe, Brassen (beide Leitfischarten für das Potamal), Plötze (auch Rotaugen), Güster, Karausche, Schleie, Laube u.a. bekannt. Zu den Lachsartigen gehören neben Forellen und Äschen (beide Leitfischarten für das Rhithral) auch die Renken (Felchen, Schnäpel), der Stint und der Hecht (vgl. Tabelle 1). Im Meer sind es vor allem Stachelflosser (Barschartige, Drachenköpfe, Plattfische) und Dorschartige, die die Artenfülle ausmachen.

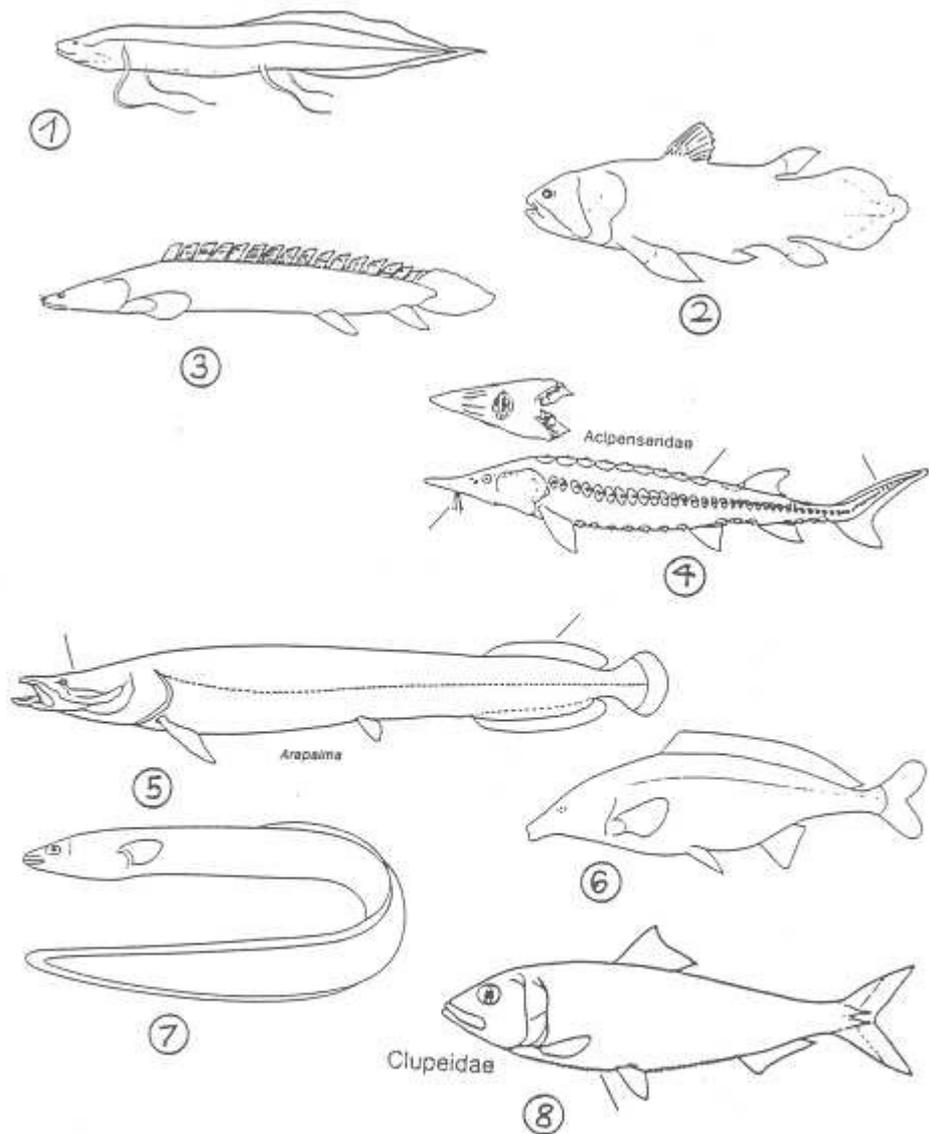
einheimische Arten

Insgesamt sind 58 % der rezenten Fischartigen marin, 1 % sind diadrome Wanderer (vgl. unter 1.3.2. Wanderungen) und der Rest sind Süßwasserbewohner.

Artenverteilung

*Extreme
Körpergrößen*

Die kleinsten Fischarten werden kaum 10 mm lang und nur einige Milligramm schwer, die größten bis über 12 m und ca. 15 Tonnen (Walhai)!



Osteichthyes - Knochenfische

Dipneusti: ① Lungenfisch, Crossopterygii: ② Quastenflosser

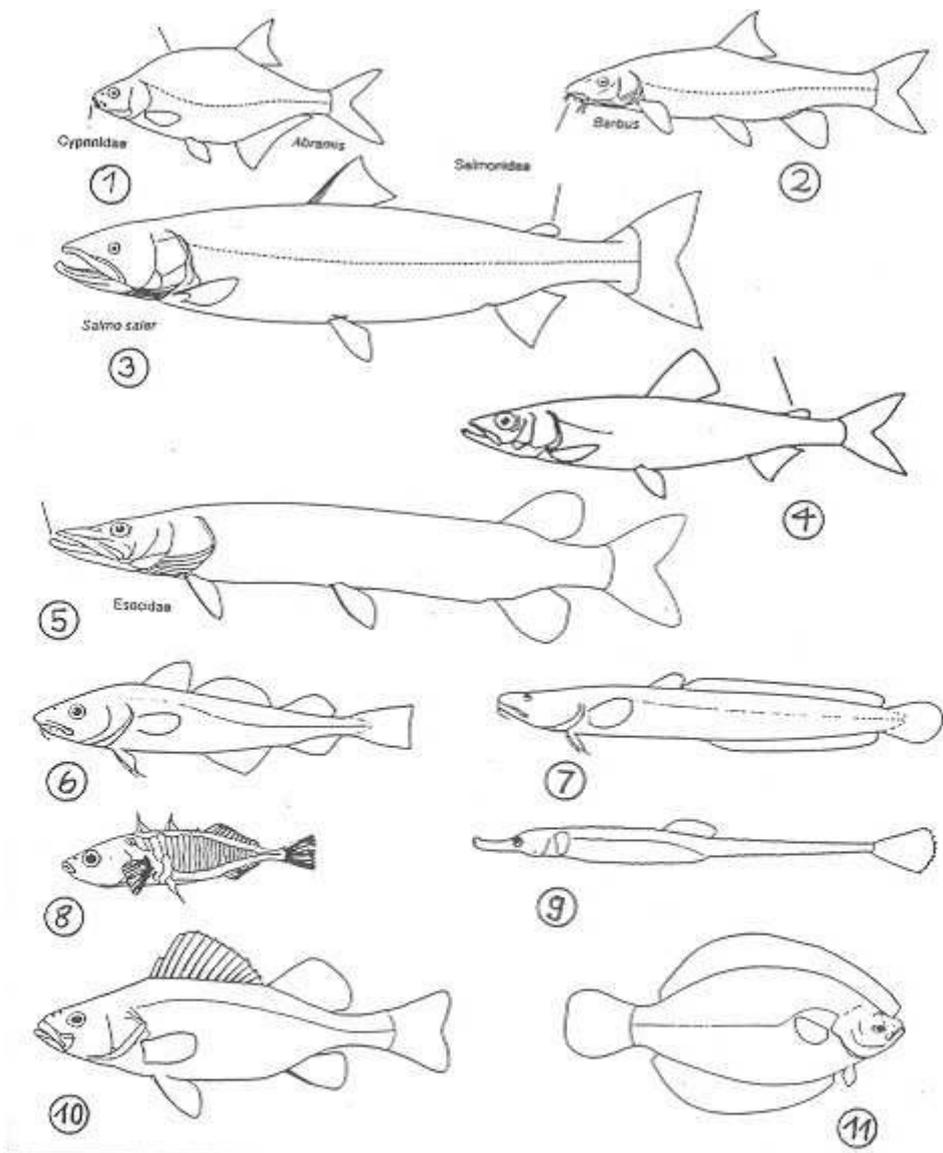
Brachiopterygii: ③ Flösselhechte, Chondrostei: ④ Stör

Teleostei - höhere Knochenfische

Osteoglossomorpha: ⑤ ⑥ Knochenzüngler, Elopomorpha: ⑦ Aal,

Clupeomorpha: ⑧ Heringsartige

Abb. 3 Ursprüngliche und höhere Knochenfisch



Teleostei - höhere Knochenfische

Cypriniformes: ① Blei, ② Barbe; Salmoniformes: ③ Lachs, ④ Stint,
 ⑤ Hecht; Gadiformes: ⑥ Dorsch, ⑦ Quappe;
 Gasterosteiformes: ⑧ Stichling; ⑨ Seenadel,
 Perciformes: ⑩ Barsch, Pleuronectiformes: ⑪ Flunder

Abb. 4: Höhere Knochenfische

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

GEWÄSSERSCHUTZ UND -SANIERUNG

Ulf Karsten
Heike Lippert

Vorwort

Wasser stellt die Grundvoraussetzung für jegliches biologisches Leben dar. Ohne Regen keine Trinkwasserversorgung, keine Landwirtschaft, keine Gewässer mit aquatischen Organismen wie den Fischen, keine Flüsse zum Gütertransport und zur Energiegewinnung, keine Industrie. Wasser wird wegen seiner hohen Verdampfungswärme in Form von Wasserdampf zum Antrieb von Dampfmaschinen und Dampfturbinen sowie zur Beheizung von chemischen Produktionsanlagen benutzt.

Durch die Rolle des Wassers in Bezug auf Wetter und Klima, als Landschaftsgestalter im Zuge der Erosion und durch seine wirtschaftliche Bedeutung, unter anderem in den Bereichen der Land-, Forst- und Energiewirtschaft, ist es zudem in vielfältiger Weise mit Geschichte, Wirtschaft und Kultur der menschlichen Zivilisation verbunden.

Die Geschichte der menschlichen Nutzung des Wassers und somit jene der Hydrologie, der Wasserwirtschaft und besonders des Wasserbaus, ist durch eine vergleichsweise geringe Zahl von Grundmotiven geprägt. Von den ersten sesshaft werdenden Menschen zu den Hochkulturen der Antike über das Mittelalter bis zur Neuzeit stand im Zentrum immer ein Konflikt zwischen einem zu viel und einem zu wenig an Wasser. Ihm war man dabei fast immer ausgeliefert, ob durch Dürren die Ernte einging oder Hochwasser Leben und Besitz bedrohte. Es wurde auch zum Gegenstand der Mythologie und der Naturphilosophie. Noch heute kommt dem Wasser in den meisten Religionen der Welt eine Sonderstellung zu, besonders dort, wo die Frage des Überlebens von der Lösung der zahlreichen Wasserprobleme abhängt.

Der vorliegende Lehrbrief bietet einen Einstieg in die breit gefächerte Thematik der Gewässernutzung, des Gewässerschutzes und der Gewässersanierung/-restaurierung. Alle Kapitel wurden 2012 sorgfältig überarbeitet und von unnötigem Ballast befreit. Dies betrifft insbesondere die Abwasserentsorgung. Dafür wurde der Teil der Gewässerbewertung mit den neusten Verfahren zu den Küstengewässern erweitert.

Prof. Dr. Ulf Karsten
Lehrstuhl für Angewandte Ökologie
Rostock im Januar 2013

INHALTSVERZEICHNIS:

1. EINLEITUNG	5
2. GEWÄSSERNUTZUNG	7
2.1 TRINKWASSER & LEBENSMITTEL.....	9
2.1.1 Globale (Trink)wasserproblematik	9
2.1.2 Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	12
2.1.3 Rohwasserressourcen (Qualität/Quantität - Grundwasser, Oberflächenwasser, Quellen).....	14
2.1.4 Wasseraufbereitung	25
2.1.5 Wasserspeicherung und Wasserverteilung	30
2.1.6 Ökologische Wasserversorgung	31
2.2 NUTZ- BZW. BRAUCHWASSER.....	34
2.3 FISCHEREI – AQUAKULTUR.....	37
2.3.1 Fischerei	37
2.3.2 Aquakultur.....	37
2.4 VERKEHR UND GEWÄSSERAUSBAU.....	41
2.5 FREIZEIT & TOURISMUS	44
2.6 „SEGREGATIVER“ NATURSCHUTZ	46
3. GEWÄSSERSCHUTZ	48
3.1 GEWÄSSERBELASTUNGEN	48
3.1.1 Wasserbau.....	48
3.1.2 Übernutzung von Wasserressourcen	49
3.1.3 Freizeitnutzung.....	51
3.1.4 Eutrophierung	54
3.1.5 Versauerung	58
3.1.6 Versalzung	62
3.1.7 Ausgewählte Schadstoffe (Herkunft & Wirkung).....	63
3.1.8 Signifikante Belastungen nach EU-Wasserrahmenrichtlinie.....	68
3.2 GEWÄSSERZUSTAND/GEWÄSSERBEWERTUNG	71
3.2.1 Gewässer-Typologien und Bewertungsansätze.....	76
3.2.2 Fließgewässer	78
3.2.3 Standgewässer	92
3.2.4 Bewertung von Küstengewässern	102
3.2.5 Überwachung des Gewässerzustandes	106
3.3 GEWÄSSERSCHUTZ.....	108
3.3.1 Historische Entwicklung der Gewässerbeeinträchtigung	109
3.3.2 Allgemeine Gewässerschutzstrategien.....	111
3.4 ABWASSERENTSORGUNG	118
3.4.1 Abwasserbegriff und Abwasserformen	118
3.4.2 Abwasserinhaltsstoffe und Abwassereigenschaften	118
3.4.3 Methoden zur Abwasserkennzeichnung	119
3.4.4 Abwasserreinigung	121
3.4.7 Industrielles Abwasser.....	133
3.5 KÜSTENSCHUTZ AM BEISPIEL DER OSTSEE	133
3.5.1 Geomorphologie der südlichen Ostsee	133
3.5.2 Hydrodynamische Situation der südlichen Ostsee	135
3.5.6 Küstenschutzmaßnahmen	136
3.5.7 Kritische Anmerkungen zum modernen Küstenschutz.....	144
4. GEWÄSSERSANIERUNG UND -RESTAURIERUNG	145
4.1 SANIERUNG VON SEEN.....	145
4.1.1 Errichtung von Puffer-Ökosystemen im Einzugsgebiet oder direkt im Zuflussbereich des Gewässers	148
4.2 RESTAURIERUNG VON SEEN.....	149
4.2.1 Biologische Verfahren zur Verringerung von Algen-Massenentwicklungen.....	151
4.2.2 Maßnahmen zur verstärkten P-Fällung im Wasserkörper	152
4.2.3 Weitere Maßnahmen zur Bekämpfung der Eutrophierung.....	155
4.2.4 "Unerwartete" Nebeneffekte von Sanierungsmaßnahmen bei Seen.....	158
4.3 SANIERUNG VON FLIEßGEWÄSSERN	159
4.4 GRUNDWASSERSANIERUNG	160
4.5 SANIERUNG UND RESTAURIERUNG VON KÜSTENGEWÄSSERN	164

1. Einleitung

Rund 2/3 der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt und das restliche Drittel der Kontinente ist ebenfalls größtenteils von Wasser oberirdisch und/oder unterirdisch geprägt. Wasser ist auf der Erde zwar reichlich vorhanden, aber nicht einmal 1% der gesamten Wassermenge steht der Menschheit als Süßwasser zur Verfügung. Die Hauptmengen sind als Salzwasser in den Meeren oder als Eis in den Polargebieten gebunden.

Das Relief des Festlandes ist im Laufe der Erdgeschichte weitgehend von Wasser in fester Form, d.h. Gletscheraktivitäten und vom fließenden Wasser mitgestaltet worden. Alle Ökosysteme mit ihren vielfach verknüpften biogeochemischen Stoffflüssen sind wesentlich vom Lösungs- und Transportmittel Wasser bestimmt. Über die natürlichen Kreisläufe erfolgen Transporte und Speicherungen von Stoffen, wodurch verschiedenartige Gewässerprägungen mit charakteristischen, aber sehr differenzierten Merkmalen entstehen.

An den Küsten von Meeren und den Ufern von Stand- und Fließgewässern lagen die ersten menschlichen Siedlungsräume. Von diesen ausgehend, durch die Intensivierung der Landnutzung und Ausdehnung der genutzten Fläche kam es schließlich immer mehr zu Beeinträchtigungen und Schädigungen der Wasserressourcen.

Insbesondere zu Anfang des 20. Jahrhunderts führte die Industrialisierung in der Gewässernutzung zu einem Qualitätssprung. Industrie und Landwirtschaft, und damit einhergehend auch die sich sprunghaft vergrößernden Städte und Kommunen hatten plötzlich so vielfältige Ansprüche an die Wasserressourcen und ihre Einzugsgebiete, dass es zu wesentlichen Veränderungen der Gewässerbeschaffenheit und Wasserqualität kam. Wasser dient seitdem zugleich als Lebensmittel, Rohstoff, Energiequelle und Transportmittel der Abfallentsorgung (z. B. durch die Verbreitung der Wasserspülung in Deutschland ab 1860). Zum einen wurde Wasser der Landschaft entzogen und es kam regional zu Wassermangel und Grundwasserabsenkungen, zum anderen wurden die industriellen und kommunalen Abwässer zumeist ungeklärt „entsorgt“, was vor allem die Oberflächengewässer massiv beeinträchtigte. Die naturgegebene Fähigkeit zur Selbstregulation der Gewässer ging mehr und mehr verloren.

Deshalb kam es in Mitteleuropa zu ersten Verordnungen oder Satzungen, die versuchten, Wassergewinnung und Abwasserentsorgung zu regeln. Im Ruhrgebiet wurde beispielsweise bereits im 18./19. Jahrhundert die Nutzung der Flüsse Ruhr und Emscher streng nach Trink- und Brauchwasser (Ruhr) und Abwasserentsorgung (Emscher) getrennt. Dennoch kam es in Deutschland zu immer stärkeren Gewässerbelastungen. Oberflächenwasser kann z.B. heute kaum noch direkt als Trinkwasser genutzt werden (genutzt wird vor allem noch Talsperrenwasser aus entlegenen Gebirgsregionen, das über Fernwasserleitungen in die Städte geleitet wird). Selbst das Grundwasser, welches vor allem in Ufernähe (Uferfiltrat) oder aus tieferen Schichten gefördert wird, ist häufig mit Schadstoffen belastet. Neben der Abwasserbehandlung ist daher auch die Wasseraufbereitung immer aufwendiger und kostenintensiver geworden. Inzwischen gibt es sehr umfassende Regelungen auf europäischer und nati-

onaler Ebene, wie die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) oder das Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Der Gesetzgeber hat hierbei nicht nur Grenzwerte für bestimmte Stoffe im Wasser aufgeführt, sondern z.B. in der EU-WRRL klare Handlungsaufforderungen zum Gewässerschutz formuliert. Ziel ist es damit, ein nachhaltigeres Wirtschaften mit Wasser sicherzustellen.

Erfolge sind durchaus zu erkennen: Es schwimmen wieder mehr Fische und Fischarten im Rhein, in der Elbe kann zumeist bedenkenlos gebadet werden, und durch Besatz und Biotop-Renaturierung ziehen sogar Lachse wieder die großen mitteleuropäischen Ströme aufwärts und laichen. Durch strengere Grenzwerte, Ressourcenschonende Produktion (auch Verlagerung der Produktion in andere Länder) wurden umweltschützerische Erfolge erzielt, dennoch hat sich die ökologische Situation vieler Gewässer nicht wesentlich verbessert. Neben dem Schadstoffproblem wurde das Nährstoffproblem immer akuter. Die Gewässer-Eutrophierung gilt heute neben der Erhaltung oder Wiederherstellung natürlicher Gewässerstrukturen (Probleme: Gewässerbegradigung, künstliche Uferbefestigung, Fahrrinnenvertiefungen, etc.) als eines der Hauptprobleme im Gewässerschutz, und der Gewässersanierung und -restaurierung.

Der sehr hohe Nährstoff- und Energie-Import nach Mitteleuropa spiegelt sich nicht nur in Rekordernten und Nahrungsmittelüberproduktion wieder, vielmehr zeichnet sich die intensive konventionelle Landwirtschaft als relativ ineffizienter Verwerter der eingesetzten Energie und des Düngers aus: Nährstoffe aus Düngergaben werden nur teilweise von den Pflanzen verwertet, die Böden können den Rest ebenfalls nur bedingt temporär binden, so dass viele Stoffe ausgewaschen werden und in die verschiedenen Oberflächengewässer sowie ins Grundwasser gelangen. Diese werden somit ebenfalls „gedüngt“, was meist zu exzessiven Algenblüten mit all ihren Folgeerscheinungen führt. Hinzu kommt die atmosphärische Stickstoffdeposition, die ihren Ursprung ebenfalls in der Landwirtschaft, aber auch in der Verbrennung fossiler Energien hat.

Weitere aktuelle Probleme umfassen die so genannten Neobiota, also Organismen, die aus anderen, meist weit entfernten Lebensräumen durch anthropogene Aktivitäten in heimische Gewässer eingeschleppt wurden und dort Probleme bereiten können. Und natürlich müssen auch die Auswirkungen des Klimawandels auf die aquatischen Ökosysteme betrachtet werden.

Der vorliegende Lehrbrief behandelt nun nacheinander die Themenkomplexe der Gewässernutzung und ihrer (oft negativen) Auswirkungen auf die Gewässer. Daran schließen sich Gewässerschutzstrategien an, um Beeinträchtigungen und Schäden auf die Gewässer zu vermeiden oder zu minimieren. Im dritten Abschnitt zeigt die Gewässersanierung und -restaurierung technische Möglichkeiten auf, Schäden rückgängig zu machen und die Gewässerqualität zu verbessern.

2. Gewässernutzung

In der aktuellen ökologischen Diskussion kommt der Wechselwirkung zwischen Land und Wasser immer mehr Bedeutung zu. Die Beziehungen zwischen beiden wurden lange Zeit unterschätzt bzw. ignoriert. Die Komplexität dieses Gefüges wird aber deutlich, wenn man sich ein paar Aspekte der Gewässer- und der Landnutzung vor Augen führt.

Gewässer in der modernen Industriegesellschaft haben vielfältige Funktionen, die mitunter nur schwer zu vereinbaren sind. So dienen sie zur Gewinnung von Trinkwasser, in der Landwirtschaft zur Berieselung und als Viehtränke, sie werden vom Tourismus, von Freizeitskippern, Surfern und Badenden genutzt, sie sind Erwerbsquelle für Fischer, fungieren als Verkehrswege, sind Vorfluter und werden zur Kühlung von Kraftwerken herangezogen. Obendrein bemüht man sich um einen ausgeprägten Artenreichtum der Gewässer. All dies ist mitunter nur schwer auf einen Nenner zu bringen und hat meist einen erheblichen Einfluss auf die Qualität unserer Gewässer.

Ebenso werden an das Land die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt, die wiederum auf die Qualität der Gewässer einwirken. Die Landnutzung beeinflusst erheblich den Wasser- und Stoffhaushalt sowie das Klima. Land- und Forstwirtschaft üben über Agrochemikalien, Dünger und Erosion starke Einflüsse aus, Industrie und Siedlungen bedingen massiven Flächenverbrauch. Gleichzeitig dient das freie Land der Naherholung, dem Tourismus und soll ästhetische Bedürfnisse befriedigen. Hinzu kommen die Anforderungen des Naturschutzes, wie Arten-, Biotop-, Ökosystem- und Klimaschutz.

Die Nutzung der Wasserressourcen ist in vielfältiger Form mit dem Leben der Menschen verbunden, insbesondere als Trinkwasser. Oft wird gutes, sauberes Trinkwasser als Lebensmittel Nr.1 bezeichnet.

Im Rahmen dieses Lehrbriefes werden unter dem Aspekt Konsequenzen für den Gewässerschutz die Wassernutzungen für folgende Wirtschaftszweige/Zielrichtungen ausführlicher dargestellt:

- Trinkwasser und Lebensmittel
- Gewässer als Verkehrswege
- Gewässer für Erholung und Tourismus mit dem Schwerpunkt Badegewässer
- Gewässer aus der Sicht des Naturschutzes

Einen großen Teil der Wasservorräte müssen sich oft mehrere Staaten teilen. Mindestens 214 Flüsse sind grenzüberschreitend mit zwei (155 Flüsse), drei (36 Flüsse) und vier bis zwölf (23 Flüsse) Anliegerstaaten. Dies bedeutet, dass über 40 Prozent der Menschheit in grenzüberschreitenden Flusseinzugsgebieten leben. Mit steigendem Bedarf und zunehmendem Bevölkerungsdruck haben die internationalen Spannungen um Wasser in den letzten Jahren stetig zugenommen. Fehlen internationale Abkommen, so steigt das Konfliktrisiko. Einige Beispiele sollen die Prägnanz und den akuten Handlungsbedarf auf dem Gebiet der Wasserver- und Entsorgung aufzeigen. Wasser war und ist ein wichtiger Rohstoff, der bereits zu zahlreichen Konflikten geführt hat. Wie eine Ressource im wahrsten Sinne des Wortes verbraucht

werden kann, zeigen die Beispiele von Staudämmen und Bewässerungskanälen, die das Oberflächenwasser deutlich übernutzen. Ähnlich übersteigt die Nutzung der fossilen Grundwasseraquifer die Grundwasserneubildung um ein Vielfaches. Hinzu kommen Verschmutzung und Kontamination.

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio 1992 wurde eine neue Betrachtungsweise bei der zukünftigen Nutzung von Wasser erarbeitet, welche mit dem Begriff der „Nachhaltigkeit“ oder „sustainable developments“ beschrieben wird. Darunter versteht man eine schonende und somit langfristige Nutzung der Ressource Wasser, bei der die Eingriffe in ökologische, ökonomische und soziale Prozesse derart gestaltet werden sollen, dass keine negativen Veränderungen für das Ökosystem zu erwarten sind.

Ein klassisches Beispiel für veraltetes, aber leider noch weit verbreitetes *nicht*-nachhaltiges Verhalten im Bereich der Wassernutzung in Europa ist die Katastrophe an der Theiß (Rumänien), verursacht durch die kurzfristige, unverantwortlich falsche und leichtsinnige Nutzung der Ressource Wasser.

Beispiel Theiß

Bereits die Römer bauten im rumänischen Gutâi-Gebirge Gold ab. Das Gold kommt in bis zu sechs Meter mächtigen Erzgängen vor, wo es fein verteilt mit Sulfiden verwachsen ist. Der Goldgehalt der Erzgänge beträgt bis zu 15 Gramm pro Tonne, was einer sehr hohen Konzentration entspricht, denn die Abbauwürdigkeit eines Gesteins liegt heute bei ca. 1 Gramm pro Tonne im Tagebau.

Um das Gold aus dem Gestein zu lösen muss dieses zunächst sehr fein zermahlen werden. Es gibt heute zwei Methoden, um aus dem Gesteinsmehl das metallische Gold zu gewinnen:

1. Das Quecksilber-Amalgam-Verfahren:

Dem Mehl zugegebenes Quecksilber verbindet sich mit dem Gold und lässt sich als Amalgam gut vom Mehl abtrennen. Das Amalgam wird dann erhitzt, das Quecksilber verdampft, und zurück bleibt das Gold. Hohe Quecksilberbelastungen der Luft und des Wassers sind die Konsequenz.

2. Die Cyanid-Laugerei:

Das Erzmehl wird nach einer Oxidation durch Rösten (SO_2 -Emissionen!) mit einer alkalischen Kalium- oder Natriumcyanidlösung versetzt. Der Lösung wird mit Pressluft Sauerstoff zugegeben, und es bilden sich wasserlösliche Goldcyanidkomplexe. Durch die Beigabe von Zink fällt dann das Gold aus.

Bislang gibt es keine anderen erprobten Methoden, um Gold aus Vererzungen zu gewinnen. Ende Januar 2000 war am Goldbergwerk Aurul im rumänischen Baia Mare der Begrenzungswall eines Auffangbeckens für schwermetallhaltige und blausäurehaltige Schlämme nach starken Regenfällen weggerutscht. Rund 100.000 Kubikmeter dieser mit Schadstoffen versetzten Brühe gelangte in Zuflüsse der Donau. Von dort gelangte der Schlamm in die Theiß, den zweitgrößten Fluss Ungarns, wo über 300 Kilometer Flussstrecke vergiftet wurden. In allen betroffenen Flussabschnitten

war praktisch sämtliches Leben erloschen. Die Bilder von toten Fischen gingen durch die Medien. Das Trinkwasser war vergiftet, Fischer standen vor dem Nichts.

Schon im April 1999 hatten Anrainer gegen die Umweltgefahren der Goldproduktion in Baia Mare protestiert. Es wurde eine staatliche Untersuchungskommission eingesetzt, die zu dem Schluss kam, dass der Goldabbau keine Gefahr für die Umwelt darstelle. In den Monaten Mai, Juni und September kam es zu den ersten Zyanidunfällen. Menschen klagten über Gesundheitsbeschwerden, Haustiere verendeten. Das Auffangbecken selbst war schlampig gebaut. Experten kritisieren heute, die Innenwände des Beckens seien senkrecht statt schräg, außerdem liege die Oberfläche des Zyanids nur einen halben Meter unter dem Beckenrand. Vorgeschrieben seien drei Meter.

In Baia Mare wurden eindeutig zu Gunsten der Ökonomie ökologische und soziale Fragestellungen völlig vernachlässigt. Um Katastrophen wie in Rumänien zu verhindern, müssen zumindest die Dämme der Erzschlamm-Becken standfest und erosionsicher konstruiert sein. Dies ist häufig jedoch nicht der Fall.

Gold wird heute weltweit meist in riesigen Minen kommerziell oder auch illegal im Tagebau abgebaut, bspw. im südamerikanischen Regenwald. Eine Goldmine ist eine Chemiefabrik unter offenem Himmel: Zuerst wird das Gestein gesprengt und zermahlen. In der offenen Laugung wird es anschließend auf Plastikplanen zu hohen Hügeln aufgeschüttet und wochenlang mit einer Zyanidlösung beträufelt. Sie löst die winzigen Goldspuren aus dem Gestein. Oft sind dies nur ein bis zwei Gramm pro Tonne. Entsprechend groß ist die Menge an eingesetztem Zyanid: Schätzungen gehen weltweit von einem jährlichen Verbrauch an Zyanid von 182.000 Tonnen in Goldminen aus. Manche Minen führen die Laugung in geschlossenen Tanks durch. Diese ist besser als das offene Verfahren, bei dem eine hochgiftige Flüssigkeit in Becken ohne Abdeckung gelagert wird, deren Dämme brechen können (Bsp. Theiß). Aber auch bei der geschlossenen Laugung bleiben riesige Mengen an hochgiftiger Schlacke zurück, die in Auffangbecken gelagert oder in Ländern wie Indonesien einfach in Flüsse und Meere gekippt werden. Und die Zerstörung der Landschaft und Lebensgrundlagen ist die gleiche: Der moderne Goldabbau verletzt die Menschenrechte und hinterlässt tote Mondlandschaften, lang anhaltende Umweltschäden und soziale Probleme. Dazu setzt der Goldabbau eine tickende Zeitbombe in Gang: Zyanidbehandeltes Gestein bildet an der Luft Säuren, die sich über lange Zeiten durch den Untergrund fressen. Früher oder später droht dadurch eine Verseuchung des Grundwassers.

2.1 Trinkwasser & Lebensmittel

2.1.1 Globale (Trink)wasserproblematik

In den reichen Industriestaaten wird Wasser derzeit noch großzügig verschwendet, andernorts, in den trockenen Gebieten der Erde - im Nahen Osten, in Nordafrika und Südasien – herrscht akute Wasserknappheit. 1,1 Milliarden Menschen, etwa ein Sechstel der Weltbevölkerung, haben keinen Zugang zu sauberem Wasser. 40 Prozent der Weltbevölkerung verfügen nicht über eine adäquate Abwasserentsorgung.

6.000 Kinder sterben täglich an Krankheiten, die durch unsauberes Wasser übertragen werden. Verschmutztes Trinkwasser und mangelhafte Abwasserentsorgung sind die Ursache für 80 Prozent aller Krankheiten in Entwicklungsländern. 125 Liter Wasser verbraucht jeder Deutsche am Tag. Das ist zwar deutlich weniger als die Hälfte von dem Verbrauch eines Durchschnittsamerikaners in den USA, aber eine einzige Toilettenspülung in den Industrieländern verbraucht so viel Wasser, wie eine Person in einem Entwicklungsland pro Tag für Waschen, Trinken und Kochen zur Verfügung hat. Noch zwei Beispiele: Zur Produktion einer Bierdose werden 40 Liter Wasser benötigt, die Herstellung eines Autos verschlingt gar bis zu 380.000 Liter.

Aber auch die Abwasserentsorgung liegt im Argen: In den Entwicklungsländern versickern 90 Prozent der Abwässer ungeklärt, gelangen ins Grundwasser oder werden in Flüsse, Seen und Meere geleitet. 50 Prozent des Trinkwassers gehen durch Leckagen in den Leitungen, durch illegale Entnahmen oder Verschmutzung verloren. Bei der landwirtschaftlichen Bewässerung beläuft sich die Verlustrate auf circa 60 Prozent (Datengrundlage: UNESCO/UNICEF).

Die UNO hat den Zugang zu sauberem Trinkwasser als eines der Menschenrechte aufgenommen, Wasserrechte werden von internationalen Konzernen erworben, Trinkwasserpreise steigen (international) und internationale Krisen haben ihre Ursache nicht zuletzt auch in den umstrittenen Wassernutzungsrechten.

Beispiel: Nil und Probleme nach dem Bau des Assuanstaudamms

Der Nil durchfließt Ägypten von der Republik Sudan kommend auf einer Länge von circa 1545 km in nördlicher Richtung bis zu seiner Mündung in das Mittelmeer. Die Gesamtlänge des Flusses beträgt 6671 km. Von der Südgrenze des Landes bis nach Kairo fließt der Nil durch ein nach Norden breiter werdendes Tal. Südlich der Stadt Idfu ist das Niltal kaum mehr als drei Kilometer breit, zwischen Idfu und Kairo weitet es sich auf etwa 23 km. Im Grenzgebiet zwischen Ägypten und der Republik Sudan liegt der Nassersee, zu dem der Nil durch den Bau des Assuan-Hochdamms aufgestaut wurde, um die Abflussmengen zu steuern. Der See ist etwa 480 km lang und maximal 16 km breit. Der überwiegende Teil des Sees liegt auf ägyptischem Staatsgebiet.

Der Großteil der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche befindet sich am Westufer des Flusses. Nördlich von Kairo bildet der Fluss ein ausgedehntes Delta mit zahlreichen Kanälen und Mündungsarmen, das am Mittelmeer etwa 250 km breit ist. Diese lagerten früher bei Überflutungen große Mengen an nährstoffreichem Schlamm ab, weshalb diese Region die fruchtbarste des Landes ist. Durch den Assuan-Hochdamm wird die mittlere Abflussmenge des Nil herabgesetzt, wodurch mehrere Ernten im Jahresverlauf möglich sind. Die ökologischen Auswirkungen der schwerwiegenden Eingriffe in den Naturhaushalt des Niltals sind drastisch. Die überaus hohe Verdunstung des Stausees kann das lokale Klima beeinträchtigen. Die Regulierung der Wasserführung verschlechtert die Bodenqualität, da die Überflutung der ufernahen Bereiche mit fruchtbarem Nilschlamm ausbleibt. Im küstennahen Deltagebiet ist die Versalzung des Bodens ein bedeutendes Problem. Außerdem ging die Fischerei im Mündungsbereich wegen der Nährstoffverarmung des Nilwassers zurück und heute erreichen nur noch 10% des Nilwassers das Meer.

Aber auch politische Probleme belasten die Region. Der längste Fluss der Erde, von dem 300 Millionen Menschen in zehn Ländern abhängen, ist seit Jahrzehnten größter Zankapfel zwischen den nordostafrikanischen Nachbarn. 1959 schlossen Ägypten und Sudan einen Vertrag über die Nutzung des Flusswassers. Ägypten bekam 55,5 Milliarden Kubikmeter pro Jahr und der Sudan 18,5 Milliarden. Die anderen acht Anrainer wurden glatt vergessen. "Ohne die Zustimmung der ägyptischen Regierung darf keine Bewässerung oder hydroelektrische Arbeit ausgeübt werden, weder in den Seitenarmen noch in den vom Nil angestauten Seen" - so wurde es vor über 40 Jahren festgeschrieben. Jeden Schrei nach Wasser aus den anderen Ländern empfindet das hochgradig vom Nil abhängige Ägypten, das für seine schnell wachsende Bevölkerung bis zum Jahre 2017 insgesamt 420.000 Hektar Wüste nutzbar machen will, als Bedrohung. Die ausgeschlossenen Länder Äthiopien, Eritrea, Kenia, Uganda, Kongo, Ruanda, Burundi und Tansania fordern seit Jahrzehnten einen neuen Vertrag, der auch ihre Interessen berücksichtigt. Äthiopien trifft die unverminderte Ausbeutung des Nilwassers durch Ägypten am härtesten. Schließlich kommen 80-85 % des durch Ägypten fließenden Nilwassers aus Äthiopien. Der Fluss bringt nicht nur Wassersegen, sondern auch fruchtbare Erde. Durch die Entwaldung im äthiopischen Hochland spült Regen die Erde in den Nil, welche vor allem in Ägypten sedimentiert. Dadurch entsteht der fruchtbare Streifen durch die Wüste von Ägypten, während im von Dürren geplagten Äthiopien inzwischen 4 Millionen Menschen vom Hunger bedroht sind.

Die bereits vor einigen Jahren gegründete Nilbecken-Initiative versucht durch ein transnationales Konzept eine gerechtere Verteilung der Wasserresource zu erreichen, bisher aber ohne Erfolg, da Ägypten eine Änderung des 1959er Vertrages vehement verweigert.

2.1.2 Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Als Trinkwasser wird Wasser bezeichnet, das für den menschlichen Verzehr vorgesehen ist und daher in der EU und in Deutschland strengen lebensmittelhygienischen Anforderungen gerecht sein muss. In der Trinkwasserverordnung (**TrinkwV**) sind diese Anforderungen festgehalten, die unter anderem folgendes umfasst:

a) Biologische Anforderungen: Trinkwasser muss frei von lebenden und toten Organismen sein; zumindest dürfen sie nur in solchen Konzentrationen vorliegen, dass Aussehen, Geruch und Geschmack nicht beeinträchtigt werden.

b) Hygienische Anforderungen: Trinkwasser muss frei sein von Viren, pathogenen Bakterien, Protozoen, Wurmeiern, soll arm sein an nichtpathogenen Wasserbakterien. Die Darmkeime (*Escherichia coli*) sollten in einer Wassermenge von 100cm³ und weniger nicht nachweisbar sein. Keimzahl ist die Menge der in 1cm³ Trinkwasser nachweisbaren Wasserbakterien, sie soll 100 in 1cm³ Oberflächenwasser und 10 in 1 cm³ Grundwasser nicht überschreiten.

c) Klarheit: Trinkwasser muss frei sein von Trübungen, oberer Grenzwert ist der Gehalt von 1cm³ absiebbarer Stoffe (=Seston) pro Liter. Trübungen durch Huminstoffe sind unerwünscht, ebenso solche durch Ton, Lehm und Eisenverbindungen, die unbedenklich sind.

d) Geruch: Gutes Trinkwasser ist frei von Geruch.

e) Geschmack: Trinkwasser soll angenehm und frisch schmecken. Hier treten die meisten Differenzierungen auf, zum Beispiel:

- über 100 mg/l MgCl₂ machen das Wasser bitter,
- über 400 mg/l NaCl₂ verleihen dem Wasser einen salzigen Geschmack,
- über 0,3 mg/l Eisen geben dem Wasser einen tintigen Geschmack,
- Torfgeschmack entsteht, wenn höhere Gehalte an Huminstoffen vorliegen.

f) Temperatur: Trinkwasser mit einer Temperatur unterhalb 7°C ist für eine Verwendung abträglich, über 15°C beginnt es, fad zu schmecken.

g) Chemische Beschaffenheit: Mittelharte Wasser von 8 bis 12°dH sind besonders wohlschmeckend. Der Höchstwert sollte 30°dH nicht überschreiten (Die Wasserhärte wird in **Grad deutscher Härte**, °dH gemessen. Dabei ist 1°dH definiert als 10 mg CaO/l):

- Trinkwasser soll schwach alkalisch sein, der pH- Wert sollte zwischen 6,5 und 9,0 liegen.
- Der Abdampfrückstand soll 1000mg/l nicht überschreiten.
- Kohlensäure (H₂CO₃) und Kohlendioxid (CO₂) sind dem Geschmack nicht abträglich. Sie müssen in einem bestimmten stöchiometrischen Verhältnis vorhanden sein, um weder als korrosive Kohlensäure noch als Kalkabscheidung in Wasserleitungen aufzutreten.

h) Trinkwasser sollte stets in genügender Menge zur Verfügung stehen.

Diese allgemeinen Güteanforderungen verlangen bei den verfügbaren Rohwasserquellen eine unterschiedliche Wasseraufbereitung, die in Kapitel 2.1.5 vorgestellt werden.

Heute sind die Güteanforderungen für Trinkwasser in national und international gültige Richtlinien/Verordnungen zusammengefasst worden (z.B. von der WHO: Guidelines for Drinking Water Quality, WHO-World Health Organisation, 2004). Für Deutschland spielt insbesondere die Gesetzgebung der europäischen Union eine wichtige Rolle. Die Umsetzung in nationales Recht ist u.a. durch die **TrinkwV** geschehen:

Richtlinie 80/778/EWG des Rates vom 15.07.1980 geändert durch Richtlinie 98/83 vom 03.11.1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Trinkwasserrichtlinie

(ABl. EG 1998, Nr. L 330/32, berichtigt ABl. EG 1999, Nr. L 45/55)

Diese Richtlinie ist im eigentlichen Sinne keine Gewässerschutzrichtlinie, da sie der Sicherstellung der Qualität des wichtigsten Lebensmittels (des Trinkwassers) dienen soll. Obwohl sie somit dem Bereich des Gesundheitsschutzes zuzuordnen ist, hat sie dennoch mittelbare Auswirkungen auf den Gewässerschutz. Die Wasserversorgungsunternehmen sind auf die gute Qualität des Rohwassers angewiesen, um (ohne enorme Investitionen in Reinigungstechnologien) die strengen Standards der Trinkwasserrichtlinie einhalten zu können.

Ziel:

- Qualität des Trinkwassers gewährleisten

Anwendungsbereich:

- Wasser für den menschlichen Gebrauch
- Ausgenommen: Natürliche Mineral- und Heilwässer

Pflichten:

- Festlegen von Parametern gemäß den Richtlinien-Anhängen
- Ergreifen von Maßnahmen, um die Richtlinien-Parameter einzuhalten

Umsetzung in Deutschland:

Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (kurz: Trinkwasserverordnung = **TrinkwV**) aus dem Jahr 2001, in Kraft seit 2003 (BGBl. I 2001, 970)

Der Bundesrat hat am 26. November 2010 eine Änderung der Trinkwasserverordnung beschlossen. Er ist dabei von dem Entwurf der Bundesregierung (BR-Drs 530/1/10) abgewichen, so dass das Bundesministerium für Gesundheit den Änderungen des Bundesrates noch zustimmen musste. Die Verkündung erfolgte am 11. Mai 2011 im Bundesgesetzblatt; die Änderungen traten am 1. November 2011 in Kraft.

Die Novelle bringt eine Reihe neuer Definitionen, die vermeintlich bestehende Unklarheiten beseitigen sollen. Wesentlicher ist die Einführung von Parametern betreffend die Radioaktivität und Uran sowie die Einführung eines so genannten technischen Maßnahmewertes für Legionellen. Wesentlich schärfer wird die Verordnung für gewerbliche Vermieter und die Betreiber von Gebäuden, in denen Dienste für die Öffentlichkeit angeboten wird, also zum Beispiel Ämter, Wohnheime, Gerichte, Gaststätten und ähnliche. Werden in diesen Gebäuden am Wasserhahn die Grenzwerte der Anlagen 1 oder 2 überschritten, ist dies strafbar. Die Strafbarkeit trifft den Eigentümer des Gebäudes als Betreiber der Hausinstallation, juristische Personen müssen also die Verantwortung für die von ihnen verwalteten Gebäuden auf eine natürliche

Person delegieren. Die chemischen Parameter wurden weitestgehend unverändert belassen, lediglich für Cadmium, die Elektrische Leitfähigkeit und Sulfat erfolgten kleinere Anpassungen.

2.1.3 Rohwasserressourcen (Qualität/Quantität - Grundwasser, Oberflächenwasser, Quellen)

Aufgrund der ungleichen Verteilung der Wasserressourcen auf der Erde und dem oftmals dazu im Gegensatz stehenden Wasserbedarf müssen sowohl geeignete als auch weniger geeignete Ressourcen für die Trinkwassergewinnung eingesetzt werden. Das Spektrum reicht vom Grundwasser, künstlich angereichertem Grundwasser/Uferfiltrat bis hin zum Oberflächenwasser aus Seen und Flüssen.

Die folgende Tabelle zeigt die aktuelle Situation der Wasserressourcennutzung in Deutschland mit den jeweiligen Wasserarten und Entnahmemengen (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Wassergewinnung der öffentlichen Wasserversorgung nach Wasserarten

		1991	1995	1998	2001
Wassergewinnung insgesamt	Mio. m ³	6 515,5	5 810,3	5 557,3	5 409,0
Grund- und Quellwasser	Mio. m ³	4 692,7	4 224,4	4 102,5	4 010,7
Uferfiltrat	Mio. m ³	392,6	304,1	268,2	280,4
Oberflächenwasser ¹⁾	Mio. m ³	1 430,3	1 281,8	1 186,5	1 117,8

- keine Angabe

¹⁾ See- bzw. Talsperrenwasser, Flusswasser sowie angereichertes Grundwasser

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Umwelt, Reihe 2.1 Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (1991, 1995, 1998, 2001)

Die Tabelle 2.1 belegt zum einen eine deutliche Reduzierung der genutzten Wassermenge zwischen 1991 und 2001, und zum anderen die Hauptnutzung von Grundwasser als Rohwasserressource.

Da die Qualität der einzelnen Wasserarten recht unterschiedlich ist, soll die folgende Übersicht (Tab. 2.2) die Charakteristika verschiedener Rohwasserarten aus der Sicht der Nutzung für eine Trinkwasseraufbereitung gegenüberstellen.



LANDNUTZUNG UND KLIMAWANDEL

ALBRECHT JORDAN

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1. Einleitung mit Formulierung der Lehr- und Lernziele	7
2. Problemstellung	9
2.1 Grundlagen zu Landnutzung und Klimawandel	9
2.2 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen	13
2.2.1 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen und biogeochemische Kreisläufe	15
2.2.2 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen und Hydrologie ...	15
2.2.3 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen und Klimawandel	16
2.2.4 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen und urbane Wärmeinseln	16
2.3 IGBP Initiativen	17
2.4 Das Kyoto Protokoll	18
2.5 Die Europäische Union	19
3. Landnutzungsklassifikationen und Landbedeckungsänderungen	21
3.1 Einleitung	21
3.1.1 Dynamik der globalen Landnutzung/Landbedeckungsänderungen	21
3.1.2 Veränderungen der Landnutzung/Landbedeckung und die Folgen	22
4. Landnutzungsänderungen in Deutschland und Europa	24
4.1 Globale biochemische Kreisläufe	35
4.2 Der globale Kohlenstoffkreislauf	35
4.2.1 Anthropogene Einflüsse auf den Kohlenstoffkreislauf	39
4.3 Der Stickstoffkreislauf	40
4.3.1 Anthropogene Einflüsse auf den Stickstoffkreislauf	43
4.4 Der Phosphorkreislauf	44
4.4.1 Anthropogene Einflüsse auf den Phosphorkreislauf	46
4.5 Der Schwefelkreislauf	46
5. Hydrologische Analyse	49
5.1 Der Wasserkreislauf	49

6.	Der globale Klimawandel	51
6.1	Treibhauseffekte	55
6.2	Nachweise für die Klimaerwärmung	57
6.3	Treibhausgase	60
6.3.1	Kohlendioxid	60
6.3.2	Methan	64
6.3.3	FCKWs	65
6.3.4	Lachgas	65
6.4	Klimawandel in Deutschland und Europa	66
6.4.1	Änderungen der Treibhausgasemissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldnutzung in Deutschland	70
6.5	Auswirkungen des Klimawandels	74
6.6	Wetter und Klima	75
6.7	Abschmelzen von polaren Eiskappen und Gletschern	75
6.8	Änderungen im Lebenszyklus von Pflanzen und Tieren	76
6.9	Veränderungen des Bodens und des Nährstoffkreislaufes	77
6.10	Änderungen des Meeresspiegels	77
6.11	Auswirkungen auf Korallenriffe	78
7.	Messung & Modellierung des Treibhausumsatzes von Landschaften	79
7.1	Allgemeine Methoden anwendbar bei verschiedenen Landnutzungen .	79
7.2	Abschätzungen der Kohlenstoffbestandsänderungen	81
7.3	Kohlendioxidänderungsraten von Ökosystemen	82
7.3.1	„Eddy-covariance“ – Messungen im Kontext anderer Verfahren	83
7.3.2	Funktionsweise von „eddy-covariance“ – Messungen	84
8.	Quellennachweis und Literaturempfehlungen	93
9.	Glossar	95
10.	Stichwortverzeichnis (Index, Register)	101
11.	Abbildungsverzeichnis	103
12.	Tabellenverzeichnis	104

Vorwort

Anliegen des vorgelegten Lehrmaterials ist es, die Studierenden mit den Grundlagen, den wichtigsten Begriffen und einigen methodischen Aspekten von Landnutzung und Klimawandel vertraut zu machen.

Obwohl der Klimawandel in aller Munde ist, allenthalben von Treibhausgasen aus der Verbrennung fossiler Energieträger gesprochen wird, so sind doch die Zusammenhänge zwischen Landnutzung, Landnutzungsänderungen /Landbedeckungsänderungen und Klimawandel wenig bekannt. Dieser Lehrbrief soll mit dazu beitragen diesem Umstand abzuhelpfen.

Der Autor, 1977 in Hamburg geboren, studierte 1998-2004 an der Hochschule Vechta (Niedersachsen) Umweltwissenschaften. 2005 begann er an der Universität Göttingen eine Promotion zum Thema "GIS-based interpolation methods for soil CO₂ respiration data in a temperate deciduous forest" die er 2010 an der Universität Rostock erfolgreich abschloss.

1 Formulierung der Lehr- und Lernziele

Viele globale Umweltprobleme haben ihren Ursprung in der Art und Weise wie Menschen Landnutzung betreiben bzw. in der Veränderung derselben. Ein tieferes Verständnis für die Ursachen und Konsequenzen von Landnutzung und Landnutzungsänderungen ist von großer Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung und für die Begrenzung des Klimawandels auf lokaler, regionaler und globaler Ebene.

Dieser Lehrbrief dient dazu Grundlagen zur Landnutzung und ihrem Einfluss auf Klimaveränderungen zu vermitteln.

Der Lehrbrief gliedert sich in 6 Kapitel in welchen verschiedene, untereinander verzahnte Aspekte behandelt werden.

Kapitel 2 führt in die Thematik ein, beschreibt die Problemfelder und stellt skizzenhaft Initiativen auf politischer und wissenschaftlicher Ebene vor, mit denen die Probleme angegangen werden sollen. Kapitel 3 erläutert Landnutzungsklassifikationen und Landbedeckungsänderungen, sowohl auf globaler als auch auf europäischer Ebene. Kapitel 4 stellt die theoretischen Hintergründe zu den globalen biogeochemischen Kreisläufen vor. In Kapitel 5 wird ergänzend dazu der Wasserkreislauf vorgestellt. Kapitel 6 handelt vom globalen Klimawandel, den einzelnen Treibhausgasen und ihren Potentialen zur Klimaerwärmung. Weiterhin werden Quellen und Senken von Treibhausgasen, wie sie durch Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldwirtschaft in Europa entstehen, vorgestellt. Außerdem werden Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Ökosystemkompartimente erläutert. In Kapitel 7 werden abschließend Methoden zur Erfassung von Treibhausgasemissionen dargelegt. Dabei liegen die Schwerpunkte auf der Erläuterung der Methoden, wie sie für die nationalen Inventare der Treibhausgasemissionen verwendet werden, und auf der eddy-covariance Methode.

Teile des Lehrbriefs basieren, wenn nicht anders angegeben, auf frei übersetzten und stark gekürzten Textausschnitten aus dem indischen Lehrbuch zum Klimawandel von Rai (2009): Land use and climate change. Daten zum europäischen Klimawandel stammen sämtlich aus den aktuellen Publikationen der Europäischen Umweltagentur und des Deutschen Umweltbundesamtes.

2 Problemstellung

2.1 Grundlagen zu Landnutzung und Klimawandel

Abholzung, Ausbreitung der Siedlungsräume, Landwirtschaft und andere menschliche Aktivitäten haben wesentlich zur Veränderung und Fragmentierung unserer Landschaft beigetragen. Derartige Störungen der Landschaft können den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre erhöhen und damit zur Erderwärmung beitragen. Genauso kann das lokale, regionale oder auch globale Klima durch die Änderung der Energiebilanz der Erdoberfläche beeinflusst werden. Die raum-/zeitliche Veränderung und Variabilität der anthropogenen Landnutzung und die damit einhergehende Veränderung der Oberflächenmerkmale der Landschaft sind wichtige, aber bisher noch zu wenig berücksichtigte Treiber der langfristigen Muster des globalen Klimas. Die Abholzung und Umnutzung von Waldflächen vor allem in den Tropen durch andere Nutzungen ist eine Bedrohung für nachhaltige Landnutzungsformen und trägt negativ zum Klimawandel bei. In den Industrieländern, speziell in Europa fanden Entwaldungsprozesse bereits vor längerer Zeit in den letzten zwei Jahrtausenden statt. Landnutzungsänderungen bedeuten hier meist Änderungen des Produktionssystems, also beispielsweise der Wechsel der angebauten Feldfrüchte, Intensivierung der Düngung, Veränderung des Einsatzes von Pestiziden, Veränderung der Viehbesatzdichte etc., zumeist aus ökonomischen Erwägungen und/oder als Reaktion auf die gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union (Dolman 2003).

Landschaft

Landnutzung

Klimawandel

Die bedeutendsten anthropogenen Einflüsse auf das Klima sind die Emission von Treibhausgasen und Änderung der Landnutzung durch Verstädterung und Landwirtschaft. Landnutzung und Landbedeckungsänderungen haben einen signifikanten Anteil an der Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre aus terrestrischer Biomasse und aus Böden (Abbildung 1). Landnutzungsänderungen wirken langfristig. Ihre Wirkung kann dauerhaft für die nächsten Jahrhunderte anhalten. Obwohl der Einfluss der Landnutzung auf die Konzentration von Kohlendioxid und Methan in der Atmosphäre, sowie auf die durchschnittliche globale Albedo der Erdoberfläche bekannt sind und in die Berechnung internationaler Klimamodelle eingeflossen sind, so ist die Rolle der Landnutzungsänderungen und deren Variabilität bezogen auf regionale Temperaturänderungen, Niederschlag, Vegetation und andere Klimavariablen bisher nicht ausreichend berücksichtigt.

Treibhausgase

Albedo

Albedo:
 der von einem Körper oder der Erdoberfläche reflektierte Anteil der einfallenden Strahlung. Die Werte natürlicher Oberflächen unterscheiden sich in der kurzwelligen Albedo sehr stark (dunkles Gestein 5%, frisch gefallener Schnee >90%)

Die Bedeutung der Landnutzungsänderungen kann dabei keineswegs überraschen. Laut der NASA sind zwischen einem Drittel bis zur Hälfte der Landoberfläche der Erde durch menschliche Nutzung verändert. Abbildung 2 zeigt beispielhaft natürliche Ressourcen und Prozesse und den prozentualen Anteil ihrer anthropogenen Veränderung (Dolman 2003). Landnutzungsänderungen tragen signifikant zur Veränderung der Interaktion zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre sowie zum Verlust an Biodiversität bei, sie sind ein wichtiger Faktor in der nachhaltigen Entwicklung und bedeutend für den Umgang mit dem Klimawandel.

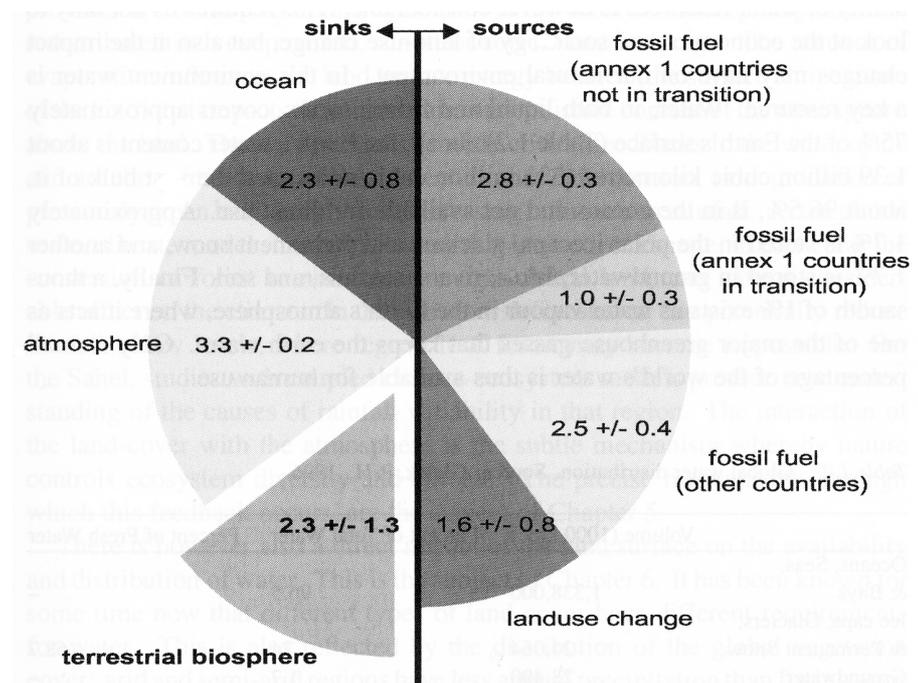


Abb. 1: Die jährliche globale Kohlenstoffbilanz in den 1990er Jahren. Die Emissionen aus fossilen Energieträgern machen insgesamt 6,3 Gt Kohlenstoff aus, davon stammen 2,8 Gt von den Industrieländern (annex 1 countries des Kyoto Protokolls), 1 Gt aus den Schwellenländern und 2,5 Gt aus den übrigen Ländern. 1,6 Gt Kohlenstoff stammen aus Landnutzungsänderungen darunter vorwiegend Abholzungen. In der Atmosphäre werden 3,3 Gt gespeichert, 2,3 Gt in den Ozeanen und 2,3 Gt von der terrestrischen Biosphäre.
 Aus (Dolman 2003), verändert nach IPCC, Special report on Land Use, Land Use Change and Forestry, 2000.

Kohlenstoffspeicherung:

Kohlenstoffspeicherung bezieht sich auf die langfristige Speicherung von Kohlenstoff in der Biosphäre, dem Boden oder in den Ozeanen, sodass die Steigerung des atmosphärischen CO₂ Gehalts reduziert oder verlangsamt wird.

Landnutzungsänderungen als Änderungen terrestrischer Ökosysteme sind eng verbunden mit der Nachhaltigkeit sozioökonomischer Entwicklungen, da sie wichtige Teile unseres natürlichen Kapitals, wie Klima, Böden, Vegetation, Wasserressourcen und die Biodiversität betreffen. Landbedeckungsänderungen haben einen immensen Einfluss auf biochemische Kreisläufe und damit auf die Elemente, welche Teil der Treibhausgase sind.

In den Entwicklungsländern ist die Umwandlung von Waldflächen zu anderen Nutzungen in den letzten Jahrzehnten besonders auffällig gewesen. Die aus der Transformation von Wald zu Ackerflächen resultierenden Konsequenzen für die Armutsbekämpfung, den Verlust an Artenvielfalt, Erosion von Landflächen, Verschlammung von Wasserläufen und steigendem Risiko für Hochwasserereignisse haben international Besorgnisse hervorgerufen. Die fortschreitende Entwaldung der Entwicklungsländer wurde nur unzureichend durch die wieder zunehmenden Waldflächen in den entwickelten Ländern kompensiert (Abbildung 3).

Erosion

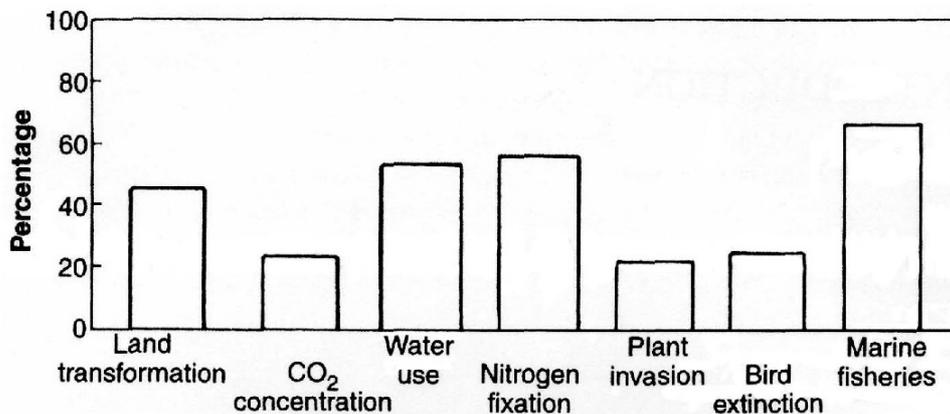


Abb. 2: Menschliche Veränderungen ausgewählter Komponenten des Erdsystems und deren prozentuale Veränderung bezogen auf deren natürlichen „Urzustand“. Rund 45% des verfügbaren Landes ist durch menschliche Aktivitäten überformt, 50% der zugänglichen Frischwasserressourcen werden genutzt, und 20% des derzeitigen CO₂-Gehalts der Atmosphäre ist direkt auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. 60% der erdgebundenen N-Fixierung ist menschlich verursacht und 68% der Meeresfische sind erschöpft, übernutzt oder nahe dran. 20% der Pflanzen in Kanada sind nicht heimisch und mehr als 20% der Vogelarten sind weltweit in den letzten zwei Jahrtausenden ausgestorben. (Dolman 2003)

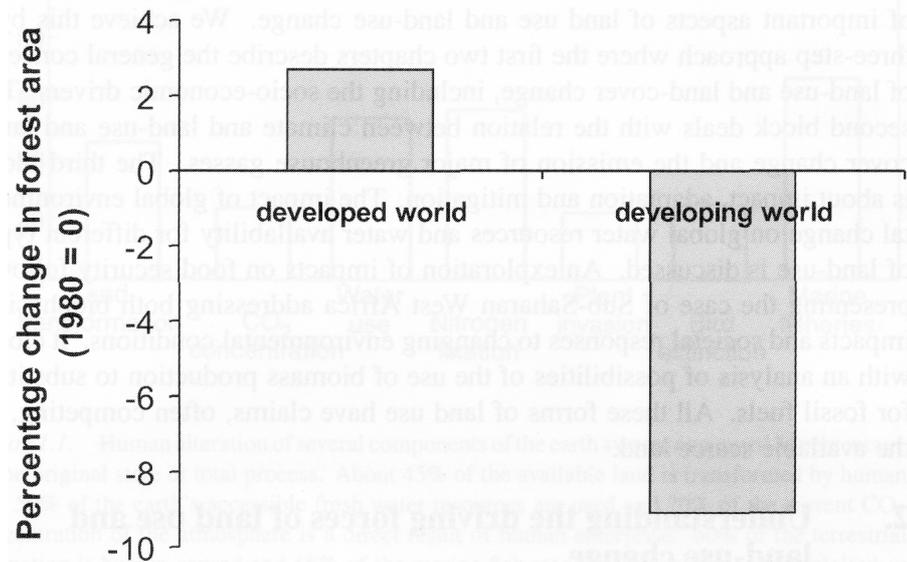


Abb. 3: Globale Entwaldung zwischen 1980 und 1995 (Dolman 2003)

Insgesamt hat die Umwandlung von ehemaligen Waldflächen zu einer Nettoerhöhung des atmosphärischen CO_2 Gehalts geführt. Seit 1860, seit der Ausweitung landwirtschaftlicher Aktivitäten ist die Landwirtschaft eine Netto-Quelle für Kohlendioxid und bis Ende der 1970er Jahre war der Anteil des CO_2 von Landnutzungsänderungen höher als von der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Die jährliche Netto-Freisetzung von Kohlenstoff aus landwirtschaftlichen Aktivitäten beträgt $0,8 \text{ Pg / Jahr}$ oder auch 14% der aktuellen Emissionen aus fossilen Brennstoffen. Die gesamten Landnutzungsänderungen in verschiedenen Ökosystemen betragen $17 \times 10^6 \text{ km}^2$ pro Jahr, davon finden $7,0 \times 10^6 \text{ km}^2$ ($39,8\%$) in Wäldern und $6,6 \times 10^6 \text{ km}^2$ in Grünlandökosystemen statt, summarum $77,3\%$ der gesamten Landnutzungsänderungen. Ein signifikanter Anteil dieser Änderungen fand seit dem frühen 19. Jahrhundert statt. Eingriffe in die Landbedeckung können in zwei Hauptkategorien unterteilt werden: 1) biogeochemisch und 2) biogeophysikalisch. Biogeochemische Prozesse beeinflussen das Klima durch Veränderungen der biogeochemischen Stoffkreisläufe und damit der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. Biogeophysikalische Prozesse verändern physikalische Parameter, welche die Absorption und die Verteilung der Energie an der Erdoberfläche bestimmen. Albedo, bzw. die Reflektionseigenschaften der Erdoberfläche, verändern die Adsorptionsrate der solaren Einstrahlung und damit die Energieverfügbarkeit an der Erdoberfläche.

Der Bedeutung der Landnutzungs-/bedeckungsänderung und seine Rolle bezüglich des Klimawandels wird mit den internationalen Forschungsprogrammen: „International Geosphere Biosphere Programme (IGBP)“ und dem „International Human Dimension Programme on Global Environmental Change (IHDP)“ Rechnung getragen. Das IGBP

widmet sich dieser Thematik besonders in seinen Unterprogrammen „Biospheric Aspects of Hydrological Cycle (BAHC)“, „Global Change and Terrestrial Ecosystem (GCTE)“ und „Land-Use/Cover Change (LUCC)“.

Die Geschwindigkeit, das Ausmaß und die räumliche Reichweite der menschlichen Einflüsse auf die Erdoberfläche sind ohne Beispiel. Deshalb sind präzise wissenschaftliche Daten, wie die Landbedeckung sich in den vergangenen Jahrzehnten geändert hat und sich noch in näherer Zukunft ändern wird, so wichtig, um zukünftige Einflüsse auf globale Ökosysteme vorhersagen zu können.

2.2 Landnutzung- /Landbedeckungsänderungen

Landbedeckung ist der biophysikalische Zustand der Erdoberfläche und der obersten Bodenschichten. Änderungen der Landbedeckung beinhalten Änderungen der biologischen Diversität, aktueller und potentieller Primärproduktivität, Bodenqualität, Oberflächenabfluss und Sedimentationsraten.

Landbedeckung

Landbedeckungsänderungen sind Quellen und Senken für die meisten Energie und Stoffflüsse, welche die Bio- und Geosphäre aufrechterhalten. Landnutzungsänderungen und damit einhergehend auch Landbedeckungsänderungen sind zumeist dem menschlichen Bestreben nach Nahrung, Unterschlupf und der Produktion von Gebrauchsgütern geschuldet.

Anthropogene Landnutzungsänderungen können nur verstanden werden, wenn man die zugrundeliegenden sozialen und ökonomischen Ursachen kennt.

Landnutzung: Der Begriff bezeichnet die menschliche Dienstbarmachung des Landes. Landnutzung beinhaltet Besiedlung, Kultivierung, Beweidung, Erholung etc.

Landnutzungsänderung: bezeichnet entweder die Veränderung der bisherigen Nutzung hin zu einer anderen oder die Intensivierung der bestehenden Nutzung

Landbedeckung: bezeichnet den physikalischen Zustand des Landes. Das beinhaltet zum Beispiel die Menge und Art der Oberflächenvegetation, den Wassergehalt oder den Nährstoffgehalt.

Landbedeckungsänderung: bezeichnet entweder die Umwandlung oder die Modifikation der bisherigen Landbedeckung. Ersteres bezeichnet eine Änderung der Klassifikation der Landoberfläche, etwa den Wechsel von Grassland zu Ackerland. Letzteres bezeichnet die Veränderungen innerhalb einer Kategorie, etwa die Ausdünnung eines Waldbestandes oder die Änderung seiner Artenzusammensetzung.

In den letzten drei Jahrhunderten nahm der Anteil der Ackerflächen global um ca. 12×10^6 km² oder um 466% zu. Dabei wurden nicht nur Landflächen umgewandelt, sondern der Anbau auf den Ackerflächen insgesamt intensiviert. Mit Ausnahme weniger Abholzungen in Teilen der Tropen für die Viehproduktion, ist der Anteil an Weideflächen und Grassland in den vergangenen 300 Jahren weitgehend stabil geblieben. Der Anteil an Ackerlandflächen wird zweifellos besonders in den Entwicklungsländern in naher Zukunft weiter zunehmen, aber Modifizierungen bestehender Nutzungen durch beispielsweise Intensivierung der Landwirtschaft werden im Vergleich zur Umwandlung von Flächen eine höhere Bedeutung einnehmen. Steigende Preise für Agrarprodukte sind aber ein Anreiz für weitere Abholzung von Waldflächen. Global betrachtet sind die meisten geeigneten Flächen für landwirtschaftliche Nutzung, mit Ausnahme weniger Flächen in den Tropen, bereits agrarisch genutzt. Massive Steigerungen der Nahrungsmittelproduktion sind nur durch Düngung, den Einsatz von Pestiziden und Herbiziden und Bewässerung zu erzielen. Die Bewässerung von Ackerland wurde in den vergangenen 300 Jahren um das 24-fache gesteigert, die größten Steigerungsraten fanden dabei in dem letzten Jahrhundert statt. Diese Praxis führte zu einer Erhöhung der Methanemissionen, während die Intensivierung der Bodenbearbeitung den Gehalt des Bodens an Kohlenstoff beeinflusste.



ÖKOLOGISCHE WALDWIRTSCHAFT
ÖKOLOGISCHER WALDSCHUTZ

TEIL I: ÖKOLOGISCHER WALDBAU

Werner Pfalz
Siegfried Prien

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einleitung - Lehr- und Lernziele	7
1 Bedeutung des Waldes	11
1.1 Der Wald und seine Funktionen	11
1.1.1 Wald und Mensch/Gesellschaft	12
1.1.2 Wirkungen des Waldes auf den Landschaftshaushalt	16
1.2 Der Wald als Objekt des Schutzes	16
1.3 Anforderungen der Gesellschaft an den Wald und Aufgaben der Forstwirtschaft	19
2 Grundlagen forstlicher Ökotechnologie und Nachhaltigkeit	23
2.1 Standorts- und Biotopkartierung	23
2.2 Wichtige Lebensprozesse von Bäumen und Waldbeständen	28
2.2.1 Wachstum	28
2.2.1.1 Baumwachstum	28
2.2.1.2 Bestandeswachstum	29
2.2.1.3 Schlussfolgerungen	33
2.2.2 Entwicklung	34
2.2.2.1 Zeitabhängige Entwicklungsphasen	34
2.2.2.2 Formentwicklung (Morphogenese)	35
2.2.2.3 Schlussfolgerungen	36
2.3 Waldbausysteme und Bestockungs-/Bestandestypen	36
2.3.1 Waldbausysteme	37
2.3.2 Bestockungs-/Bestandestypen	40
2.4 Grundlagen der Entscheidungsfindung und Planung im Forstbetrieb	41
2.4.1 Waldfunktionskartierung	42
2.4.2 Betriebsziele	43
2.4.3 Bestandesziele	44
2.4.4 Zielhierarchie	51
2.5 Prinzipien des ökologischen (naturgemäßen) Waldbaus	51
2.5.1 Nachhaltigkeit und ihre Sicherung	53
2.5.2 Minimale Hemerobie	55

2.5.3	Optimale Waldstruktur	56
2.5.4	Vielgestaltige Walddynamik	58
2.6	Waldbauliche Beurteilung der Baumarten	58
3	Waldbauliche Technologien und Verfahren	65
3.1	Verjüngung	66
3.1.1	Forstsaatgut	66
3.1.2	Forstpflanzen	68
3.1.3	Kunstverjüngung / Pflanzung	69
3.1.4	Natürliche Verjüngung:	74
3.1.5	Schutz- und Pflege von An- und Jungwüchsen	78
3.1.6	Begründung von Mischbeständen	79
3.2	Bestandeserziehung in Jungbeständen (Dickung und schwaches Stangenholz)	80
3.3	Bestandspflege (Stangen- und Baumhölzer)	82
3.4	Dauerwald	87
3.4.1	Klassifikation der Dauerwälder	88
3.4.2	Bewirtschaftung der Dauerwälder	89
3.4.3	Plenterwald	89
3.5	Waldumbau	94
3.5.1	Gründe und Ziele	94
3.5.2	Strategien des Waldumbaus	96
3.5.3	Technologien und Verfahren	97
3.5.3.1	Waldumbau im verbleibenden Bestand (Erziehungs- und Pflegemaßnahmen)	97
3.5.3.2	Waldumbau mit Verjüngung	99
3.6	Sonderaufgaben im Walde	99
	Literaturverzeichnis	105
	Glossar (einschl. Abkürzungen)	109
	Abbildungsverzeichnis	117
	Tabellenverzeichnis	119
	Stichwortverzeichnis	121

Einleitung - Lehr- und Lernziele

Menschen, die im Umweltbereich tätig sind, sollten Grundkenntnisse vom Wald als Ökosystem, von der Forstwirtschaft als wichtige Form der Landnutzung und von den Forstleuten mit ihren fachspezifischen Denkstrukturen haben. Selbstverständlich sollten auch die Forstleute die Umwelt begreifen, andere Landnutzungsinteressen akzeptieren und die Fachleute verwandter Disziplinen verstehen. Nur so ist ein gegenseitiges Verständnis und zweckdienliche Zusammenarbeit möglich. Diesem Ziel soll auch die vorliegende Arbeit dienen.

Im **Kapitel 1** wird versucht die Bedeutung und Funktionen des Waldes, seine Schutzbedürftigkeit sowie die Anforderungen der Gesellschaft an den Wald aufzuzeigen, was der vorgegebene Umfang des Lehrbriefes nur teilweise zulässt. Ziel ist es, die Vielseitigkeit, Komplexität und Sensibilität des Ökosystems Wald deutlich zu machen.

Im **Kapitel 2** werden Grundgesetzmäßigkeiten von Wachstum und Entwicklung sowie des ökologischen Waldbaus behandelt, auf denen die waldbaulichen Technologien aufbauen. Es ist didaktisch einfacher, diese Zusammenhänge am schlagweisen Hochwald mit seinen abgrenzbaren Wuchsklassen darzustellen, als am ungleichaltrigen Dauerwald. Dazu kommen einige Grundlagenabschnitte, die dem forstlichen Management zuzuordnen sind, aber bei Nichtforstleuten für das Verständnis der Waldbewirtschaftung wichtig erscheinen. Ziel ist es, zu zeigen, dass dem waldbaulichen Handeln naturgesetzliche Zusammenhänge zugrunde liegen, auch wenn in der Praxis vielfach empirische Erfahrungen die Entscheidungen zu prägen scheinen.

Im **Kapitel 3** werden die wichtigsten Inhalte des angewandten Waldbaus dargelegt. Dabei soll ersichtlich werden, dass waldbauliches Handeln von naturgesetzlichen Zusammenhängen abhängt, gleichzeitig aber betriebswirtschaftliche und forstpolitische Forderungen in hohem Maße mitbestimmen. Darüber hinaus wird deutlich gemacht, dass es heute in der Waldbewirtschaftung eine verstärkte Orientierung auf ökologische Zusammenhänge gibt, die es rechtfertigt, von einem „Ökologischen Waldbau“ oder „Naturgemäßer Waldwirtschaft“ zu reden (trotz allen Streites um die Begriffe) und auf vielen Flächen einen langfristigen Waldumbau in Richtung naturnäherer Waldstrukturen nach sich zieht.

Für praktische waldkundliche und -wirtschaftliche Fragen ist eine detaillierte Kenntnis der zu beurteilenden Baumarten notwendig (Ökologie, Standortsansprüche, Verjüngung, Wachstum und Entwicklung, waldbauliche Eigenschaften, Pathologie). Im Rahmen des vorliegenden Lehrbriefes kann dieses Wissen nicht vermittelt werden. Bei Bedarf

muss der Leser auf spezielle Quellen zurückgreifen (siehe Literaturempfehlungen). Der Verfasser muss sich hier auf einige wenige, tabellarisch aufbereitete Hinweise (Abschn. 2.6) beschränken.

Bei der Erarbeitung des Lehrbriefes „Waldökologie“ (PFALZ / PRIEN 2002) wurden wichtige Teile aus der 1. Auflage der „Ökologischen Waldbewirtschaftung“ (PFALZ / PRIEN 1998) übernommen. Damit konnten in der vorliegenden Neufassung, neben den wachstumkundlichen auch die forstwirtschaftlichen Grundlagen ausgebaut werden. Gleichzeitig erfolgte bei den waldbaulichen Technologien und Verfahren (Abschn. 3) eine stärkere Berücksichtigung der ökologisch-naturschutzfachlichen Aspekte.

Der Autor hat dabei mehr forstliches, speziell waldbauliches Fachwissen in den Lehrbrief aufgenommen, als von einem Umweltschützer gemeinhin erwartet werden kann. Grund dafür war das Bemühen, dass für den Fernstudenten die Notwendigkeit, unbedingt spezielle Fachliteratur zu Rate ziehen zu müssen, auf Einzelfälle beschränkt bleibt. Für den Bedarfsfall werden unten einige wenige fundamentale Fachbücher verwiesen. Bestimmte Textteile sind im Kleindruck gehalten (Schriftgröße 10). Diese sind nicht unwichtig, aber für das Gesamtverständnis (1. Lesung) nicht vordergründig. Dies bezieht sich nicht auf Tabellen und Abbildungen, wo meist die Platzfrage über die Größe entschied.

Mit Fettdruck wurde im Text sparsam umgegangen und nur wenige Begriffe hervorgehoben, die bei umfangreicheren Darstellungen eine weitere Untergliederung des Textes notwendig gemacht hätten. Ansonsten wurde versucht, die Übersichtlichkeit der Textabschnitte mit entsprechenden Marginalien am rechten Seitenrand zu verbessern.

Bei Arbeit an forstlich (mit-)geprägten Projekten, Diplomarbeitsthemen, o.ä. ist ein Rückgriff auf Fachliteratur unumgänglich. Den Einstieg dazu sollen einige wenige Literaturempfehlungen erleichtern:

AAS, G. / SCHÜTT, P. (Hrsg.) 2002: Lexikon der Baum- und Straucharten. Hamburg: Nikol

Standardwerk der Forstbotanik für die wichtigsten Baum- und Straucharten (Morphologie, Pathologie, Ökologie)

BURSCHEL, P. / HUSS, J. 2003: Grundriß des Waldbaus (Ein Leitfaden für Studium und Praxis). 3. Aufl., Stuttgart: Ulmer

Hier ist das waldbautechnologische Grundwissen für eine praxisorientierte Waldbewirtschaftung übersichtlich dargelegt.

MAYER, H. 1992: Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4. Aufl. Stuttgart: Fischer

Hier sind die wichtigsten Waldbaumarten ökologisch und waldbaulich charakterisiert

OTTO, H.-J. 1994: Waldökologie. Stuttgart: Ulmer

Enthält die ökologischen Grundlagen für Waldbewirtschaftung; sehr viele Fallbeispiele in anschaulicher Darlegung.

THOMASIIUS, H. / SCHMIDT, P.1996: Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. Bonn: Economica-Verlag

Umfasst die umweltrelevanten Aspekte des Waldes für die Gesellschaft mit dazugehörigen Grundlagen. Enthält eine Charakteristik zentraleuropäischer Waldgesellschaften.

1 Bedeutung des Waldes

Nach heutigen Erkenntnissen lag der ursprüngliche Waldanteil der Erde zwischen 40 - 50 % des Festlandes. Heute bedecken sie nur noch 25 - 30 % und ihre Fläche ist weiterhin rückläufig. Auf die Wälder entfallen etwa 2/3 der jährlich auf dem Festland erzeugten Phytomasse (Primärproduktion).

Waldanteil

Einerseits sind die Wälder Bestandteil unserer Umwelt, andererseits beeinflussen sie Klima, Wasserhaushalt, Boden usw. und wirken so auf die Umwelt zurück. Die Vielfalt und Verflechtung ihrer Wirkungen und Funktionen wurde erst mit den Erkenntnisfortschritten der Forst- und Naturwissenschaften im letzten Jahrhundert erkannt. Die Vielzahl an Forschungsergebnissen, für den Einzelnen nicht mehr überschaubar, birgt jedoch die Gefahr in sich, dass der Wald nicht in seiner systemaren Komplexität als Ökosystem begriffen wird. Die Erfassung von Einzelaspekten wird aber seiner Bedeutung nicht gerecht - der Wald ist mehr als die Summe seiner Bäume.

Wald als komplexes Ökosystem

1.1 Der Wald und seine Funktionen

Der Wald gewinnt in der modernen Industriegesellschaft überall, global und regional, zunehmend an Bedeutung:

Ursachen für zunehmende Bedeutung des Waldes

- wegen der wachsenden Gefährdung des Naturhaushaltes (globaler Kohlenstoff-Haushalt, Artenverarmung, Luftverschmutzung, Veränderungen im Wasserhaushalt, Bodenschutz usw.)
- infolge steigender Erholungsbedürfnisse der Menschen (hohe Stressbelastung, mehr Freizeit usw.)
- durch die Bedeutung des Rohstoffes Holz (nachwachsend, universelle Eigenschaften u.a.) für eine nachhaltige Entwicklung der Wirtschaft

Dabei stehen im High-Tech-Zeitalter die landschafts- und humanökologischen Wirkungen des Waldes (Tab. 1.1.) im Vordergrund des öffentlichen Interesses, obwohl die finanziellen Ergebnisse der Forstwirtschaft zu über 80 % auf dem Verkauf von Holz basieren. Die produktiven und sozialen Funktionen (Tab. 1.2) berühren, trotz der Wertschätzung von Holz im Alltag (Haus, Wohnung, ...) nur einen Teil der Bevölkerung wirklich.

Holzproduktion

1 Bedeutung des Waldes

Komitativwirkungen: Alle über die Rohstoffproduktion hinausgehenden Wirkungen des Waldes, die besonders in seinem Einfluß auf den Landschaftshaushalt und die Landschaftsentwicklung sowie die materiellen Lebensbedingungen und die Bewußtseinsbildung der Menschen zum Ausdruck kommen							
Landschaftsökologische Wirkungen: Alle Wirkungen des Waldes auf den Landschaftshaushalt und die Landschaftsentwicklung				Humanitäre Wirkungen: Alle unmittelbaren Einflüsse des Waldes auf das physische und psychische Befinden der Menschen			
				Humanökologische Wirkungen: Einflüsse auf die materiellen Lebensbedingungen, insbesondere die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit		Psychische Wirkungen: Einflüsse auf das psychische, insbesondere ethische und ästhetische Empfinden der Menschen	
Wirkungen auf das Klima: Strahlung, Wärme, Temperatur, Luftbewegung, Luftzusammensetzung, Niederschlag und Verdunstung.	Wirkungen auf Wasserkreislauf und Wasserregime: Interzeption und Evaporation, Infiltration und Perkolation, Ab- und Zufluß.	Wirkungen auf den Boden: Bodenbildung, Gravitation, Winderosion, Wassererosion, Austrocknung.	Wirkungen auf Pflanzen, Tiere und Lebensgemeinschaften: Habitat für best. Pflanzenarten, Habitat für best. Tierarten, Ausbildung u. Dynamik natürlicher Lebensgemeinschaften, Biotopverbund.	Humanbiometeorologische Wirkungen: Photoaktinische Wirkungen, thermische Wirkungen, hydrometeorische Wirkungen, Wirkungen auf Luftqualität, akustische Wirkungen.	Wirkungen auf die Wasserqualität: Einflüsse auf natürlich vorkommende Trink- und Heilwässer, Wasserreinigung.	Unmittelbare Wirkungen, vor allem ästhetische und emotionale.	Mittelbare Wirkungen über die Medien der Kunst: Literatur, Musik, Bildende Kunst.

Tab. 1.1: Systematische Ordnung der landschafts- und humanökologischen sowie psychischen Wirkungen des Waldes [THOMASIUS 1996]

Produktive Funktionen			Soziale Funktionen			
Phytomasse:	Zoomasse:	Geol. Ressourc.:	Arbeit(splätze):	Einkommen:	Vermögen:	Wirtschaft:
- Holz (-produkte)	- Wild	- Sand, Steine, Erden,..	- Forstwirtschaft	- Lohn/Gehalt für Arbeiter/Angest.	- Kreditwürdigkeit u.ä.	- regional ist Wald Voraussetzung für Holzindustrie, Tourismus,....
- Harz, Kork, Kautschuk,...	- (Weidevieh)	- Wasser	- Holzwirtschaft	- Einnahmen für Waldbesitzer	- Reserve für Krisen-Situationen	- Verfügbarkeit an Fläche f. diverse wirtschaftliche Vorhaben
- Pilze, Beeren, Heilkräuter,...	- (Fisch)		- Holzindustrie	- materielle und finanzielle Ergänzungen zum landw. Betrieb		
- Futter, Streu,.. für landw. Zwecke						

Tab. 1.2: Produktive und soziale Funktionen des Waldes (Entwurf 2004)

1.1.1 Wald und Mensch/Gesellschaft

Produktive Funktionen:

Substitution von Holz

Der Rohstoff Holz spielt dabei die dominierende Rolle. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts war Holz als Bau- und Werkstoff, als Energieträger sowie Ausgangsstoff für die Herstellung chemischer Produkte (z.B. Pottasche) unersetzbar. Mit Beginn der industriellen Revolution änderte sich das rasch und eine teilweise Substitution des Holzes setzte ein: Stahl, Glas, Beton als Baustoffe; Kohle, Erdöl und -gas als Energieträger sowie Ausgangsstoffe für chemische Erzeugnisse. Trotzdem sank der Holzbedarf nicht, da neue Einsatzmöglichkeiten wie z.B. bei der Papier- und Zelluloseherstellung, der Verwendung als Gruben- und

Schwellenholz hinzukamen und auch das Bauvolumen insgesamt stark zunahm.

In dem Maße, wie sich die Erkenntnis durchsetzte, dass die nicht nachwachsenden Naturressourcen erschöpfbar sind und in den (19)70er Jahren erste Krisenerscheinungen bei Erdöl auf dem Weltmarkt auftraten, begann in den Industrieländern eine spürbare Resubstitution des Holzes als Baustoff und z.T. auch als Energiequelle.

Resubstitution von Holz

Das gegenwärtige Ausmaß der Holznutzung ist enorm. Mit 3,3 Mrd. m³/a wird dem Wald eine sehr große Menge Biomasse entnommen (Tab. 1.3). Trotzdem sind es nur 40 - 50 % des jährlichen Holzzuwachses, der mit 7-9 Mrd. m³/a angegeben wird [HERKENDELL, PRETZSCH 1995]. Akute Gefahr geht von der Holznutzung dann aus, wenn es auf den betreffenden Flächen zu einer Zerstörung des Ökosystems Wald kommt. Auch ungleiche Nutzungsintensität sowie Entnahme nur bestimmter Holzsorten (z.B. Qualitätshölzer weniger Baumarten) können die Waldstruktur für einen langen Zeitraum ± stark schädigen.

Holznutzung im Weltmaßstab

	Waldfläche 2000	(WF) [%]	WF/Einw. 2000 [ha]	jährl. WFVR [%]	Einschlag 1998 [1000 m ³]	darunter Brennholz [%]	Einschlag/ Hektar [m ³]
Klimazonen:	[1000 ha]	[%]	[ha]	[%]	[1000 m ³]	[%]	[m ³]
Tropische Z.	1 854 564	48	0,7	-0,6	1 589 525	49	83
Temper. Z.	839 915	22	0,3	0,3	1 252 721	38	30
dar. W-Eur.	67 889	2	0,2	0,6	153 658	5	18
Boreale Z.	1 153 931	30	5,9	0,0	426 533	13	13
Gesamt	3 857 464	100	0,7	-0,2	3 268 779	100	54

Anmerkungen: WF Waldfläche
WFVR: Waldflächenveränderungsrate der Jahre 1990 bis 2000

Tab. 1.3: Globale Waldnutzung (Mio. m³) [BMVEL 2001]

Die BRD ist ein Holzimport- und -exportland großen Ausmaßes (Tab. 1.4). Dabei wird das eigene Potential an Holz (jährlicher Zuwachs) nur etwa zur Hälfte ausgeschöpft.

Holzbilanz der BRD

Aufkommen	2001	2002	Verbleib	2001	2002
Einschlag	39,5	42,4	Lagerbestände (Zunahme)	-	-
Altpapieraufkommen	40,1	39,8	Ausfuhr	92,1	94,1
(Inland)			Verbrauch	96,6	96,6
Altholz	6,2	8,5			
Einfuhr	101,7	99,3			
Lagerbestand (Abnahme)	1,2	0,7			
Gesamtaufkommen	188,7	190,7	Gesamtverbleib	188,7	190,7

Tab. 1.4: Gesamtholzbilanz für die BRD 2002/2003 [BMVEL 2003]

Nichtholzprodukte des Waldes

Regional und lokal ist die Bedeutung anderer Produkte, sog. Nebenprodukte wie Viehfutter, Streu, Harz, Kork, Naturkautschuk u.a., vielerorts auch heute noch hoch. In Deutschland haben wohl Pilze und Beeren dabei den größten Stellenwert, wenn von den nicht nachwachsenden Rohstoffen wie Steine und Erden abgesehen wird. Wasser, überall bevorzugt aus bewaldeten Einzugsgebieten entnommen, wird in der Regel nicht als Nebenprodukt des Waldes angesehen und auch nicht honoriert.

Soziale Funktionen:

Landnutzung u. Waldanteil in der BRD

Die Flächennutzung für die BRD weißt aus:

- 53,5 % Landwirtschaft
- 29,5 % Forstwirtschaft
- 12,3 % Siedlung, Verkehr
- 2,3 % Wasserflächen
- 2,4 % Sonstiges [BMVEL 2003]

Hierzu ist festzustellen, dass die waldbestockten, im Vergleich zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen, meist nur geringe Bodengüte (-wertzahlen) aufweisen. Häufig lassen auch andere Faktoren (z.B. Hanglage, Steingehalt) eine landwirtschaftliche Nutzung dieser Flächen nicht zu oder andere Funktionen stehen im Vordergrund (z.B. als Wassereinzugsgebiet, Bodenschutz).

Die soziale Bedeutung des Waldes (Tab. 1.2) besteht hauptsächlich in:

- der Arbeits- bzw. Einkommensfunktion
- der Besitzfunktion

Waldbesitzverhältnisse in der BRD

1999 sicherte der Rohstoff Holz in der Forst- und Holzwirtschaft bundesweit ca. 750 Tsd. Arbeitsplätze [BMVEL 2001a]. Im gleichen Jahr gab es 450 Tsd. forst- und waldbesitzende Landwirtschaftsbetriebe (Waldbesitz >1 ha). Die Gesamtzahl der Waldbesitzer wird aber mit 1,3 Millionen angegeben [BMVEL 2001b]. Daraus folgt, dass ca. 850 000 Waldbesitzer Parzellen kleiner als 1 Hektar ihr Eigen nennen. Andererseits gehören 224 privaten forst- und waldbesitzenden Landwirtschaftsbetrieben jeweils über 1000 ha mit einer Gesamtfläche von 674,3 Tsd. Hektar [BMVEL 2003b].

Das bedeutet, dass für über 1,3 Millionen Bundesbürger Wald und Holz theoretisch Quelle von Arbeits- oder Kapitaleinkommen sind, wenn auch größtenteils in kaum sichtbarer Größenordnung. Dabei ist der Privatwaldbesitz sozialökonomisch stärker wirksam als der Staats- und Körperschaftswald.

Für Gesamtdeutschland ergibt sich gegenwärtig folgende Besitzstruktur an Wald:

- Staat 33,3 %
- Treuhand 3,7 %
- Körperschaften 19,5 %
- Privathand 43,6 % [BMVEL 2004]

Humanitäre Wirkungen des Waldes:

Vom Walde gehen auch humanökologische und psychische Wirkungen aus (Tab. 1.1), die beim Menschen Erholungs- und auch Heileffekte hervorrufen.

Filterwirkung des Waldes

Die komplexen mikroklimatischen Wirkungen des Waldes auf das physische Wohlbefinden gestresster Menschen werden heute bewusst gesucht und genutzt. An erster Stelle steht meist die Luftqualität. Die Filterwirkung des Waldes gegenüber staubförmigen Immissionen ist besonders groß. Das Staubfangvermögen der Gehölze wird hauptsächlich durch die Beschaffenheit der Blattoberflächen, die Stellung der Blätter am Zweig sowie von der Art und Größe der eingewehten Staubteilchen bestimmt. Arten mit großen, rauen oder behaarten Blättern (z.B. Weide, Hasel, Linde) sind günstig zu beurteilen. Die filternde Wirkung des Waldes gegenüber gasförmigen Immissionen ist unbedeutend. Am ehesten werden bestimmte Flächen noch durch waldbedingte Veränderung der Luftströmung vor Gasen geschützt.

Staubfangvermögen

Die Bedeutung der photoaktinischen Wirkungen des Waldes besteht vor allem darin, dass der erholungssuchende Mensch die auf ihn einwirkende Strahlung sowohl bei warmen als auch kühlem Wetter nahezu nach Belieben dosieren kann, wenn die Bestände entsprechend räumlich vielgestaltig strukturiert sind. Hinzu kommen die von Licht und Schatten sowie den Farbkontrasten ausgehenden psychischen, meist beruhigenden Wirkungen für die Waldbesucher. Eng mit der Strahlung verbunden sind die thermischen Wirkungen des Waldes, die sowohl an heißen als auch an kühlen Tagen geschätzt werden.

Strahlungsklima

Wichtig für den Menschen ist die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Wasser für verschiedene Zwecke, z.B. Trink-, Heilwasser, Bade- und Fischereigewässer. Wasser aus waldbestockten, aber kahl-schlagfrei bewirtschafteten Wassereinzugsgebieten weisen im Vergleich zur offenen Landschaft die günstigeren Qualitätsparameter auf (weniger Phosphor- und Stickstoffverbindungen, niedrigere Eutrophierung, geringere Keimzahlen). Huminsäuren, Aluminium-Ionen und Protonen, wie sie auf sauren Grundgesteinen unter Nadelbaumbeständen nicht selten anzutreffen sind, aber auch Schadstoffeinträge, können

Trinkwasser aus dem Walde

niedrige pH-Werte herbeiführen und die Wasserqualität empfindlich senken. Um die oben genannten Vorteile von Wasser aus dem Walde zu erhalten, ist es notwendig, auf die Anwendung von Bioziden und Kahlschlägen zu verzichten.

Lärminderung

Für die Erholung des Menschen sind auch die vom Walde ausgehenden akustischen Wirkungen wichtig. Den physikalischen Parametern des Schalls (Schalldruck, Tonhöhe, usw.) stehen die subjektiven Empfindungen (Schall als Lärm) der Waldbesucher gegenüber. Das Schalldämpfungsvermögen der Waldbestände hängt vom Absorptionsvermögen des Waldbodens, der Holzgewächse (bes. deren Assimilationsorgane) und der Schallreflexion an den festen Gegenständen im Walde ab. Die höchste Dämpfung wird bei Frequenzen zwischen 250-500 Hz erreicht (HAUPT 1976). Beträchtliche Unterschiede in der Schalldämpfung treten bei bestimmten Baumartenzusammensetzungen, Bestandesstrukturen sowie Bestandesdichten auf. Die beste Wirkung wird mit großen, senkrecht zu den Schallwellen dichtstehenden Blättern erreicht (Berg-Ahorn, Sommer-Linde, Wolliger Schneeball usw.) [BECK 1967].

Die psychischen Wirkungen des Waldes erstrecken sich einerseits auf den Bereich Ästhetik, andererseits in die Richtung künstlerischer Reflexionen. Die damit verbundenen subjektiven Wertungen können aus Platzgründen hier nicht dargelegt werden.

1.1.2 Wirkungen des Waldes auf den Landschaftshaushalt

Wald und Landschaft

Oft als Schutz-, Regulations- oder ökologische Funktionen bezeichnet, früher auch als Wohlfahrtswirkungen, dominieren sie heute in Mitteleuropa bei den Diskussionen um den Schutz der Wälder. Dabei kann nur eine Gleichberechtigung aller Funktionen auf der Gesamtfläche, bei Prioritäten auf den Einzelflächen, die häufig auftretenden Interessenkonflikte lösen. Ausführliche Darlegungen hierzu finden Sie im Lehrbrief „Waldökologie“ [PFALZ / PRIEN 2002].

1.2 Der Wald als Objekt des Schutzes

Gefahren für den Wald

Aus dem Abschnitt 1.1 wird ersichtlich, dass vom Wald globale, regionale und lokale Wirkungen ausgehen, die für den Menschen bedeutungsvoll sind. Gleichzeitig muss festgestellt werden, dass der Mensch den Wald in seinen Funktionen einschränkt, und zwar vorwiegend durch:

- Flächenreduzierung (seit Jahrtausenden); heute bes. in den Tropen und Subtropen, jährlich um etwa 10-15 Mio. ha. (Tab. 1.3). Davon sind über 75 % Rodungen für landwirtschaftliche Zwecke und nur etwa 10 % Nutzungen für die Holzindustrie.
- gravierende Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung im Verlaufe des 19. und 20. Jahrhunderts; bes. unstandortgemäße Monokulturen. In Deutschland ist der Nadelbaumartenanteil von ursprünglich 1/3 auf 2/3 (in Sachsen auf 4/5) gestiegen.
- Bewirtschaftung der Wälder im Kahlschlagbetrieb (etwa seit dem Mittelalter), was periodisch zu Ausfall (Zerstörung) des Ökosystems mit all seinen Wirkungen führt und dieses sich erst nach Jahrzehnten annähernd regeneriert.
- starke Schadstoffbelastungen, bes. über die Luft (SO₂, NO_x, O₃, FCKW, organische Verbindungen u.a.).

Die vorgenannten Eingriffe in die Existenz, die Umwelt und Ökologie der Wälder führten häufig zu weit reichenden Schäden infolge komplexer Ursachen, z.B. Insektenkalamitäten in nicht standortgemäßen Nadelbaum-Reinbeständen. Vor derartig rigorosen anthropogenen Maßnahmen und Einflüssen sollte der Wald zukünftig besser geschützt werden. Dabei muss klar sein, dass bewirtschafteter Wald kein Urwald sein kann, aber die Hemerobie sollte möglichst gering gehalten werden oder darf ein ökologisch vertretbares Maß nicht überschreiten. Dies hinreichend objektiv und genau zu bestimmen, ist außerordentlich schwer und beginnt mit der Frage, welcher Waldanteil in den einzelnen Regionen der Erde als ökologisches Minimum anzusehen ist und wovon es abhängt. THOMASIU (1996) macht dazu einen Vorschlag und bestimmt das optimale Bewaldungsprozent in Abhängigkeit vom Strahlungstrockenheitsindex nach BUDYKO (Abb. 1.1). Auffallend ist der relativ große Toleranzbereich für optimale Waldanteile in humiden Regionen der Erde. Damit wird deutlich, dass die Landschaften, selbst in waldgünstigen Klimaten, unterschiedliche Stabilität aufweisen (Vernassung in stark humiden Gebieten, Erosion an Hängen u.a.).

Wieviel Wald ist notwendig?

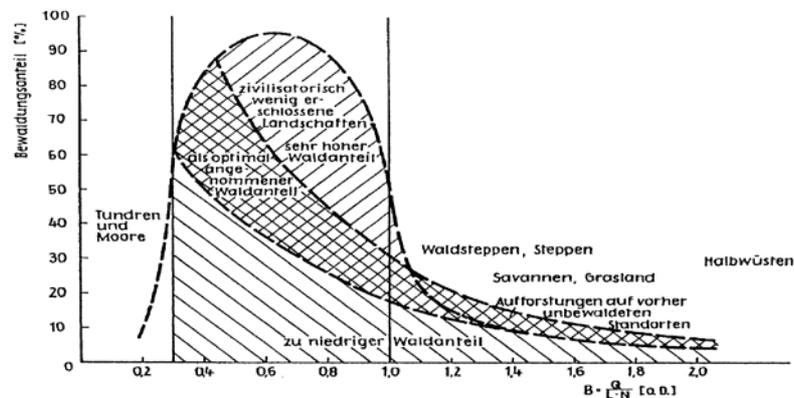


Abb. 1.1: Relativer Waldanteil in Naturlandschaften und optimaler Waldanteil in Kulturlandschaften [THOMASIU 1996]
 Q [$J \cdot a^{-1} \cdot ha^{-1}$]: Nettostrahlung
 N [$mm \cdot a^{-1}$]: Niederschlag
 L [ca 2256 kJ/l]: Verdunstungsentalpie (-energie)
 $B = Q / L * N$ [o.D.]: Strahlungstrockenheitsindex nach BUDYKO ($B < 1$ humides Klima, $B > 1$ arides Klima)

Möglichkeiten, den Wald zu schützen

Wie kann der Wald weltweit besser geschützt werden?

- Die Gesetzgebung der Staaten muss mindestens auf die Erhaltung, besser die Erweiterung der derzeitigen Waldfläche orientieren¹. Flächen-austausch mit anderen Nutzungsformen ist weniger problematisch, soweit dem nicht Naturschutzinteressen entgegenstehen.
- Der Wald muss ökologisch und funktionsgerecht bewirtschaftet werden, was von der Praxis sinnvolle Kompromisse verlangt. Die Waldbesitzer (auch die Staatsforstbetriebe) sind ökonomisch an der Erhaltung bzw. Erweiterung der Waldfläche zu interessieren bzw. zu unterstützen. Diese Forderung reicht von der Bezahlung nichtproduktiver Leistungen bis zu Sanktionen bei Verstößen.
- Teile der vorhandenen Waldfläche sind unter Schutz zu stellen (Reserve): Waldflächen in waldarmen Gebieten und biologisch-ökologisch besonders wertvolle Waldkomplexe/-massive (Naturschutzinteressen)
- In waldreichen Ländern bzw. schwach besiedelten Gebieten sollten Reservewälder ausgeschieden werden (Kanada, USA, Russland, Brasilien u.a.).
- Bildung und Information aller Bevölkerungsschichten, besonders aber der Landbevölkerung, sind zu verbessern.

Zielüberlagerungen und Interessenkonflikte sind überall vorhanden, aber lösbar.

1. In Regionen mit hohem Bewaldungsanteil kann Rodung durchaus tolerierbar sein, wenn dafür Ausgleich in waldarmen Gebieten geschaffen wird.



Universität Rostock

Weiterbildendes Fernstudium Umweltschutz

Gerald Schernewski

Integriertes Küstenzonenmanagement

Universität Rostock
Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung

Inhaltsverzeichnis

1 Die Küstenzone: Ein Brennpunkt	6
1.1 Definitionen der Küstenzone	6
1.2 Ökonomische und ökologische Bedeutung	7
1.3 Perspektiven für die Zukunft	8
1.4 Nutzungen und Konfliktfelder in der Küstenzone	8
2 Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM)	11
2.1 Nachhaltige Entwicklung und Agenda 21	11
2.2 Integriertes Küstenzonenmanagement: Definition	13
2.3 Status und Defizite beim IKZM	15
2.4 IKZM als Schwerpunkt der EU-Politik	18
2.5 Weltweite IKZM-Ansätze	19
3 Rechtliche Grundlagen und Kompetenzen in der Küstenzone	20
3.1 IKZM-relevante Bundesgesetze	21
3.2 Räumliche Definitionen	25
3.3 Kompetenzen in Küstengewässern	27
3.4 Beispiel: Offshore-Windkraftanlagen	29
3.5 Beispiel: Internationaler Gewässer- und Meeresschutz	31
4 Raum- und Landschaftsplanung	35
4.1 Stufen der räumlichen Planung	35
4.2 Landschafts- (Naturschutz-) Planung	37
4.3 Kategorien im Naturschutz	38
4.4 Internationale Kooperation in der Raumplanung	40
5 Konfliktlösung und öffentliche Partizipation	41
5.1 Ursachen von Konflikten zwischen Akteuren	41
5.2 Partizipation	41
5.3 Agenda 21 und Partizipation in Deutschland	42
5.4 Partizipation in der Praxis	44
6 Kommunikation und Information (mit Internet)	49
6.1 Hintergrund: Ein Beispiel aus der Praxis	50
6.2 Kommunikation als Problemfeld	53
6.3 Daten, Information und Wissen	54
6.4 Das Internet als Informationsmedium	55
6.5 Mailing-Listen und Newsletter im Internet	57
6.6 Lehren und Lernen im Internet	58

7	Methoden und Werkzeuge für IKZM	58
7.1	Ablaufschema einer IKZM-Initiative	59
7.2	Entscheidungshilfe-Systeme (Decision Support)	62
7.3	Komplexe Simulationsmodelle	63
7.4	Geo-Informationssysteme	66
7.5	Vertiefende Informationen und Literatur	69

1 Die Küstenzone: Ein Brennpunkt

Ziel: Schaffung eines Bewusstseins für die außerordentliche Bedeutung der Küstenzone und Vermittlung einiger grundlegender Fakten.

1.1 Definitionen der Küstenzone

Die Küstenzone umfasst sowohl einen wasserseitigen als auch einen landseitigen Streifen. Eine verbindliche Definition der Küstenzone fehlt. Die räumliche Breite, speziell landwärts, ist daher sehr unterschiedlich. In der Praxis wird die Küstenzone in Deutschland landwärts meist administrativ, durch die inneren Grenzen der Küstengemeinden oder auch die Raumplanungsregionen definiert. Für globale Analysen werden bisweilen aber auch bis zu 100 km landwärts als Küstenzone herangezogen.

Die Zone, die konkreten Planungen oder Schutzbestimmungen unterliegt, ist in der Praxis relativ schmal, wie die folgenden Beispiele zeigen. Lettland legt einen 5-7 km und Dänemark einen 3 km breiten landseitigen Streifen zugrunde. Estland, Finnland und Schweden weisen geschützte Küstenstreifen zwischen 50 m und 300 m aus. Mecklenburg-Vorpommern hat sich mit der Ausweisung eines 200 m breiten geschützten Küstenstreifens (100 m in Schleswig-Holstein) dieser Praxis angeschlossen.

Die seewärtige Ausdehnung der Küstenzone ist weit weniger umstritten. In der Regel wird eine Ausdehnung bis an die 12 Seemeilen-Grenze bzw. die nationale Hoheitsgrenze zugrunde gelegt. Neben dieser administrativen Definition existieren, vor allem in der Wissenschaft, auch biologische und physikalische Definitionen.

Der Begriff Küste wird aus geographischer Sicht verstanden als die Zone zwischen der äußersten landwärtigen sowie der äußersten seewärtigen direkten und indirekten Brandungswirkung. Die so entstehende Küstenzone im engeren Sinne reicht vom Dünen- bzw. Klifffuß bis einschließlich der Abrasionsschorre. Diese Definition findet in der Küstengeomorphologie und Sedimentologie Anwendung. Im Rahmen des Programms Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ), einem Kernprogramm des 'International Geosphere-Biosphere Programmes (IGBP)' wird als Küstenzone der Bereich von der Küstenebene bis zur äußeren Grenze des Kontinentalschelfs bezeichnet.

In der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden die Küstenzone und die dazugehörigen Flusseinzugsgebiete als Einheit angesehen, da die Flusseinzugsgebiete durch ihre Wasser- und Stofffrachten die Küstengewässer steuern. Dadurch wird praktisch ganz Deutschland in die Küstenzone einbezogen.

In vielen Regionen werden auch biotische Merkmale bei der Definition der Küstenzone herangezogen (Mangroven- und Korallenküsten). Ein Beispiel für die naturwissenschaftlich und naturschutz-orientierte Ausweisung von Küstenstreifen bzw. Küstenökosystemen stellen die Umsetzungsrichtlinien der Helcom-Empfehlung 15/1 dar.

In Deutschland kann von einer Küstenlänge von rd. 2400 km, die sich auf die Nordsee und Ostsee aufteilt, ausgegangen werden. Unter Berücksichtigung eines landseitigen Streifens von

200 m sowie einer seeseitigen Ausdehnung bis an die nationalen Hoheitsgrenzen ergibt sich eine Fläche von etwa 41.000 km², die als Küstenzone angesehen werden kann (Firn Crichton Roberts Ltd. et al. 2000). Die Küstengewässer dominieren also quantitativ in der Küstenzone.

Die rechtlich-administrativen und naturwissenschaftlichen Definitionen der Küstenzone berücksichtigen die anthropogenen und sozio-ökonomischen Aspekte nur unvollständig. Wir wollen die Küstenzone deshalb nicht nur räumlich sehen, sondern als System auffassen, in dem der Raum und die ablaufenden natürlichen Prozesse in Wechselwirkung mit anthropogenen Faktoren stehen.

1.2 Ökonomische und ökologische Bedeutung

Weltweit leben 20 % der Menschheit weniger als 25 km und 39 % (2,2 Mrd. Menschen) weniger als 100 km von der Küste entfernt. Gleichzeitig machen die 100 km breiten Küstenstreifen nur 20 % der Landfläche weltweit aus. In Dänemark leben 100 %, in Schweden 88 %, in Großbritannien 99 % und in Italien 79 % der Bevölkerung innerhalb der ersten 100 km von der Küste entfernt. In Deutschland beträgt der Anteil hingegen lediglich 15 % (World Resources Institute 2001). Der anteilmäßige Beitrag der Küstenzone zum Bruttosozialprodukt dürfte deutlich höher sein als der Anteil der in der Küstenzone lebenden Bevölkerung. Die Küstenzone ist damit weltweiter Brennpunkt menschlicher Aktivität, was aus deutscher Perspektive bisweilen unterschätzt wird.

Küstenzonen besitzen eine große strukturelle Vielfalt (Strände und Dünenlandschaften, Kliffs, Feuchtgebiete, Wattflächen, Korallenriffe, Mangrovenwälder, Eisränder, Ästuar und Lagunen etc.). Sie besitzen außerordentliche Bedeutung als Transformator und Senke für terrestrische Nähr- und Schadstoffe sowie als spezieller Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Als Land/Wasser-Übergangszonen besitzen sie zudem eine hohe Artenvielfalt und Produktivität. Wenigstens 250.000 der bekannten 1,7 Mio. Tier- und Pflanzenarten leben im Meer, vor allem in den Küstengewässern.

Die ökonomische Bedeutung der Küstengewässer wird vielfach unterschätzt. Sie liefern große Mengen an Fisch, Schalentiere und Tang als Viehfutter und für die menschliche Ernährung. Sie sind Quelle für Dünger, Pharmazeutika, Kosmetika, Haushaltsprodukte und Baumaterial. Fisch trägt beispielsweise weltweit zu etwa 17 % zur Versorgung des Menschen mit tierischem Eiweiß bei. 90 % des weltweiten Fischfangs stammt dabei aus Küstengewässern (World Resources Institute 2001).

Robert Costanza hat versucht die positive ökologische Wertschöpfung der Küstenökosysteme zu monetarisieren. Monetär bewertet werden z.B. die Beiträge zur Gas- und Klimaregulation, zur Erosions- und Verschmutzungsvermeidung, zur Regelung des Wasserhaushalts, zur Nahrungs- und Rohmaterialproduktion oder zur Wertschöpfung im Bereich Freizeit, Tourismus und Kultur. Die höchste Wertschöpfung erreichen dabei Ästuar, Sumpf- und Überflutungsregionen sowie Wattgebiete mit jeweils über 1 Mio. Euro pro km² und Jahr.

Nach dieser Berechnung werden 75 % der ökosystemaren Wertschöpfung in der Küstenzone der EU von den Küstengewässern erbracht (Firn Crichton Roberts Ltd et al. 2000). Dieser Ansatz und die darauf beruhenden Berechnungen weisen viele Unsicherheiten auf. In jedem Fall unterstreichen sie aber die ökonomische und ökologische Bedeutung der Küstengewässer.

Deshalb werden auch große Bereiche der Küstengewässer, z.B. in der Ostsee, als Schutzgebiete ausgewiesen.

1.3 Perspektiven für die Zukunft

Sowohl das Bevölkerungswachstum als auch die wirtschaftliche Entwicklung werden sich weltweit auch in Zukunft auf die Küstenregion konzentrieren. In Europa wird vor allem der Ostseeregion hohes Wachstum vorhergesagt. Die Küstenzonen der Ostsee spielen dabei eine zentrale Rolle. Der nachfolgende Textausschnitt trägt den Titel "Die Ostseeregion – Chancen und Risiken einer Wachstumsregion zunehmender weltweiter Bedeutung" und entstammt der Antwort der Bundesregierung auf die "Große Anfrage der CDU/CSU-Opposition" (Drucksache 14/4460, Nov. 2000):

Im Zeitalter der Globalisierung kommt den Zusammenschlüssen regionaler Wirtschaftsräume gemäß der Prämisse "All business is local" eine stetig wachsende Bedeutung zu - im ökonomischen, aber auch politischen und kulturellen Sinne. Bereits rund sechs Prozent des Welthandels werden im Ostseeraum erwirtschaftet. Der Ostseebinnenhandel beträgt jährlich bereits rund 100 Mrd. US-Dollar. Experten der Landeszentralbank von Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein rechnen in einigen Bereichen mit Zuwachsraten von 100 bis 250 Prozent in den kommenden zehn Jahren. Treffen diese optimistischen Prognosen zu, wird sich die Ostseeregion im nächsten Jahrhundert zu einem europäischen wie globalen Motor für Wachstum und Wohlstand entwickeln; mit besonderen Chancen, aber auch Risiken für unser Land. Deshalb gilt es heute, zehn Jahre nachdem die Ostseeregion (Baltic Sea Region) erneut zu einem wirklich europäischen Binnenmeer geworden ist, eine Bilanz des bisher Erreichten zu ziehen und die Aufgaben wie Herausforderungen der Zukunft klar zu definieren.

Durch die Treibhausgas-Emissionen wird mit einer Erhöhung der Durchschnittstemperaturen auf der Erde um 2,5 bis 3 Grad bis zum Jahr 2100 gerechnet. Als Konsequenzen resultieren häufigere und intensivere Niederschläge, Stürme sowie ein Anstieg des Meeresspiegels. Derzeit wird ein Anstieg des Meeresspiegels von zumindest 15 cm während der nächsten 50 Jahre sowie um 40 cm bis zum Jahre 2100 vorhergesagt (ICPP 2001). Die Küstenzonen sind deshalb zentral durch den Klimawandel bedroht.

1.4 Nutzungen und Konfliktfelder in der Küstenzone

Die Europäische Kommission (1999) sieht folgende zentrale Konfliktfelder in den europäischen Küstenzonen: alternative Energien, Aquakultur, Tourismus, öffentliche Gesundheit, Verkehr, Häfen und maritime Industrie, Schutz von Landschaften und Kulturerbe, Küstenfischerei, öffentlicher Küsten- und Strandzugang, Ausbreitung von Städten, Abbau von Rohmaterial, Verschmutzung, Zerstörung von Lebensräumen und Verlust von Artenvielfalt, Naturkatastrophen und Klimawandel, Küstenerosion und Wasserbewirtschaftung.

Die bestehende vielfältige und sich räumlich überlagernde Nutzung der Nord- und Ostsee wird aus den Abbildungen 1.1. und 1.2 deutlich. Die Detailkarten zu einzelnen Nutzungen sind in Nutzungskarten.pdf abgelegt und sollten unbedingt angesehen werden. Der für neue Nutzungen, wie Off-shore-Windkraftanlagen, zur Verfügung stehende Raum ist dadurch sehr begrenzt. Auf die juristischen und administrativen Probleme, die mit den zahlreichen Nutzung zusammenhängen, wird später eingegangen. Die Nutzung der terrestrischen Küstenzone wird ebenfalls später im Rahmen der Raumplanung angesprochen.

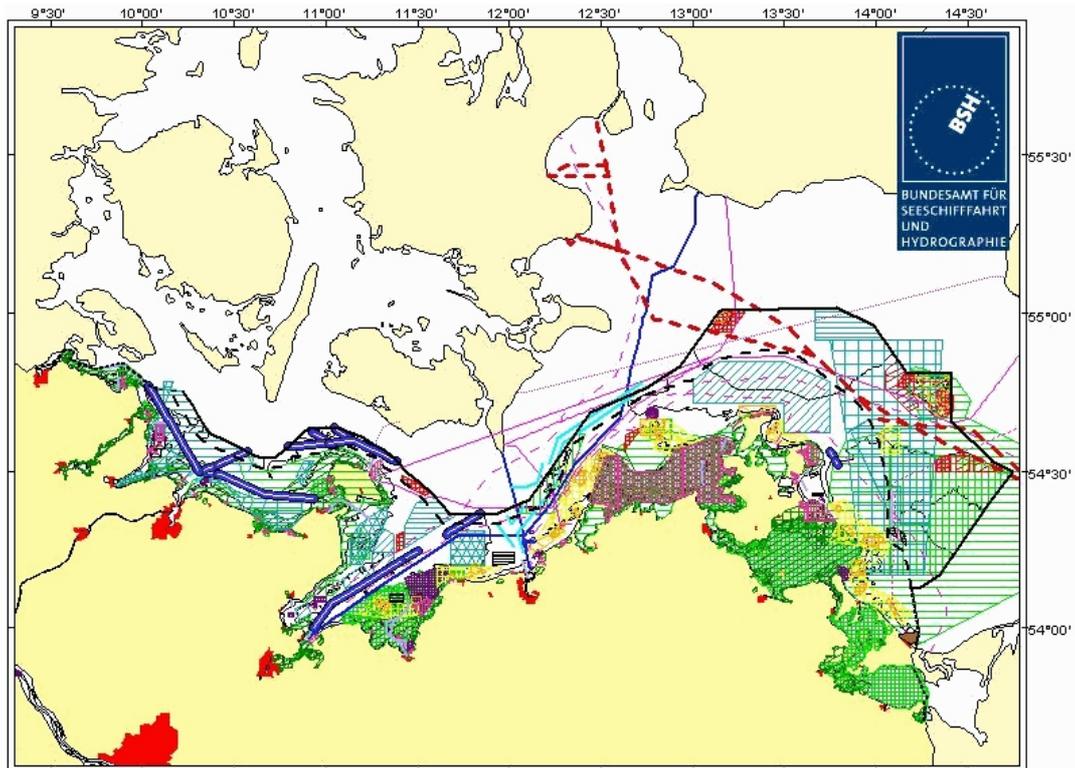


Abbildung 1.4.1: Die aktuellen Nutzungen in der Ostsee (BSH 2001). Die Detailkarten sind dem ergänzenden PDF-Dokument zu entnehmen.

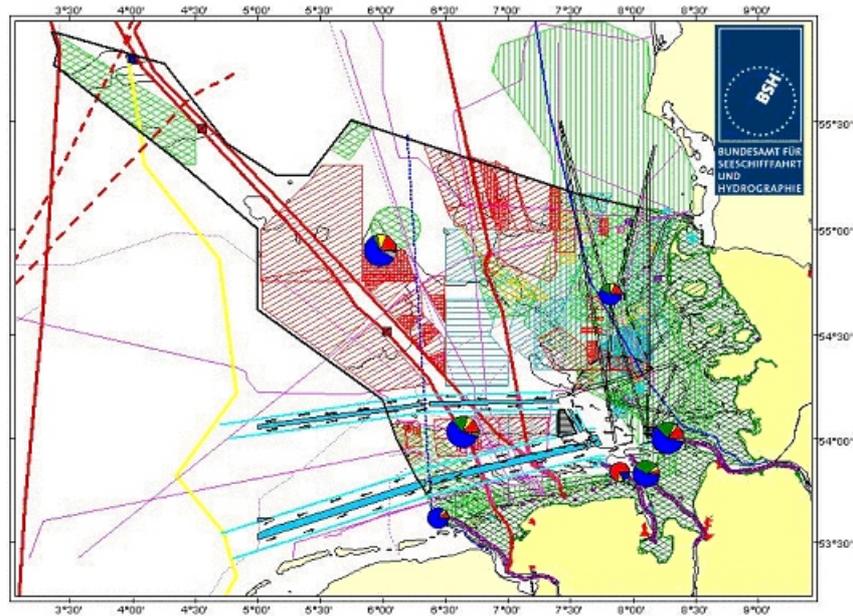


Abbildung 1.4.2: Die aktuellen Nutzungen in der Nordsee (BSH 2001). Die Detailkarten zu einzelnen Nutzungen sind dem PDF-Dokument zu entnehmen.



Der Meeresspiegelanstieg und der damit verbundene Küstenschutz beeinflusst zahlreiche Nutzungen und rücken in vielen Regionen in den Vordergrund des Interesses. In den ländlich geprägten deutschen Küstenregionen spielen neben dem Küstenschutz, der Tourismus und der Naturschutz die zentrale Rolle.

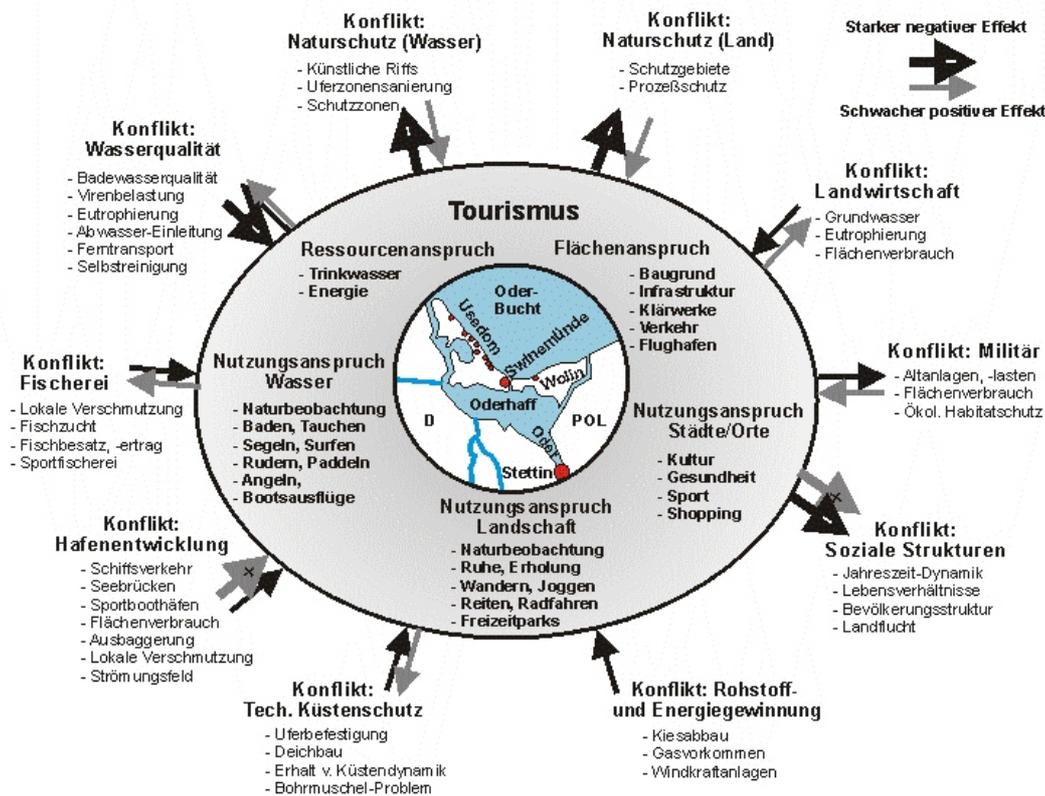


Abbildung 1.4.3: Wechselwirkungen zwischen Tourismus und anderen Nutzungen.

Das Beispiel des Tourismus zeigt, dass sich manche Nutzungen in der Küstenzone ausschließen bzw. behindern. Gerade der Tourismus bringt neben Problemen und ökonomischen Vorteilen aber auch Chancen z.B. für Naturschutz und Umweltqualität mit sich.

2 Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM)

Ziel: Verständnis der Bedeutung von IKZM sowie Vermittlung der Grundlagen der europäischen und nationalen Politik zum IKZM.

2.1 Nachhaltige Entwicklung und Agenda 21

Eine wesentliche Grundlage für die zahlreichen Aktionen und Initiativen zum Küstenzonenmanagement sind die Beschlüsse der Konferenz der Vereinten Nationen, die in Rio de Janeiro im Jahre 1992 stattfand. In den 40 Kapiteln der **Agenda 21** sind die Zielsetzungen für eine nachhaltige weltweite Entwicklung dargelegt. In diesem Zusammenhang ist vor allem Kapitel 17, welches sich mit den Meeren und Küsten befasst, relevant. Als erster Schwerpunkt wird hier das integrierte Management und die nachhaltige Entwicklung der Küstenzonen einschließlich der Küstengewässer bis hin zur 200 Seemeilen Grenze aufgeführt.