Werkstattmaterialien

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

BLK-Programm „21"

Nr. 1
Interdisziplinäres Wissen
Syndrome globalen Wandels

Syndrome des Globalen Wandels als Ansatz interdisziplinären Lernens in der Sekundarstufe

Ein Handbuch mit Basis- und Hintergrund-material für Lehrerinnen und Lehrer

Martin Cassel-Gintz

Dorothee Harenberg

BLK-Programm „21"

Koordinierungsstelle Berlin

WBGU

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN

veritas iustitia libertas

Freie Universität Berlin

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BLK

BUND-LÄNDER-KOMMISSION

FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Impressum

Diese Handreichung ist die 1. Veröffentlichung aus der Reihe *Werkstattmaterialien* des BLK-Programms „21“ – Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung.
Das vorliegende Material ist dem Themenschwerpunkt (Set) „Syndrome globalen Wandels“ im Modul „Interdisziplinäres Wissen“ zugeordnet.
Kopieren und Weiterreichen der Materialien sind bis zum Ende des Programms am 1. August 2004 ausdrücklich gestattet. Eine Rückmeldung (siehe beiliegende Fragebögen) wird dringend erbeten.
Die Inhalte geben nicht unbedingt die Meinung des BMBF, der BLK oder der Koordinierungsstelle wider; generell sind die Texte namentlich gekennzeichnet und die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den Autoren.

Projektleitung
Prof. Dr. Gerhard de Haan
Freie Universität Berlin

Herausgeber
BLK-Programm „21“
Koordinierungsstelle
Freie Universität Berlin
Arnimallee 9, 14195 Berlin
Tel.: 030 - 83 85 64 49
Email: info@blk21.de
www.blk21.de
Berlin 2002

Redaktion
Dorothee Harenberg, Ulrike Rossa

Übersicht der Module und Sets

Modul 1 **Interdisziplinäres Wissen**	**Syndrome globalen Wandels**
	Nachhaltiges Deutschland
	Umwelt und Entwicklung
	Mobilität und Nachhaltigkeit
	Gesundheit und Nachhaltigkeit
Modul 2 **Partizipatives Lernen**	Gemeinsam für die nachhaltige Stadt
	Gemeinsam für die nachhaltige Region
	Partizipation in der lokalen Agenda
	Nachhaltigkeitsindikatoren entwickeln
Modul 3 **Innovative Strukturen**	Schulprofil „nachhaltige Entwicklung“
	Nachhaltigkeitsaudit an Schulen
	Schülerfirmen und nachhaltige Ökonomie
	Neue Formen externer Kooperation

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 1

2 EINFÜHRUNG: DIE SYNDROME DES GLOBALEN WANDELS – EIN BESCHREIBUNGS- UND ANALYSEANSATZ ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG UND ZUM GLOBALEN WANDEL 3

2.1 Einleitung 3
2.2 Der Globale Wandel 4
2.3 Nachhaltige Entwicklung 5
2.4 Das Syndromkonzept 6
2.4.1 Grundlegende Elemente des Syndromkonzepts 7
2.4.2 Symptome des GW 8
2.4.3 Wechselwirkungen zwischen Symptomen 10
2.4.4 Syndrome als funktionale Muster des Globalen Wandels 10
2.4.5 Konzepte zur Syndromdiagnose 13
2.4.5.1 Das Dispositionskonzept: die geographisch explizite Anfälligkeit 13
2.4.5.2 Exposition: auslösende Faktoren 14
2.4.5.3 Das Intensitätskonzept: Die Stärke des Auftretens eines Syndroms 15
2.4.5.4 Syndromkopplungen 15

3 KURZBESCHREIBUNGEN FÜR DIE 16 VOM WBGU IDENTIFIZIERTEN SYNDROME DES GLOBALEN WANDELS 18

3.1 DAS SAHEL-SYNDROM 18
3.1.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 18
3.1.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 18
3.2 Das RAUBBAU-SYNDROM 22
3.2.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 22
3.2.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 23
3. LANDFLUCHT-SYNDROM 25
3.3.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 25
3.3.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 25
3.4 Das DUST BOWL-SYNDROM 27
3.4.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 27
3.4.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 27
3.5 Das KATANGA-SYNDROM 29
3.5.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 29
3.5.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 29
3.6 Das MASSENTOURISMUS-SYNDROM 31
3.6.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 31
3.6.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 31

3.7 Das VERBRANNTE-ERDE-SYNDROM 33
3.7.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 33
3.7.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 33
3.8 Das ARAL-SEE-SYNDROM 35
3.8.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 35
3.8.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 35
3.9 Das GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM 37
3.9.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 37
3.9.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 38
3.10 Das KLEINE TIGER-SYNDROM 41
3.10.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 41
3.10.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen: 42
3.11 Das FAVELA-SYNDROM 43
3.11.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 43
3.11.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 43
3.12 Das SUBURBIA-SYNDROM 45
3.12.1 Kurzbeschreibung 45
3.12.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 45
3.13 Das HAVARIE-SYNDROM 47
3.13.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 47
3.13.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 47
3.14 Das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM 49
3.14.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 49
3.14.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 50
3.15 Das MÜLLKIPPEN-SYNDROM 52
3.15.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 52
3.15.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 52
3.16 Das ALTLASTEN-SYNDROM 54
3.16.1 Kurzbeschreibung des Syndroms 54
3.16.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen 54

4 RAUBBAU AN NATÜRLICHEN ÖKOSYSTEMEN - DAS RAUBBAU-SYNDROM 56

4.1 Allgemeine, verbale Charakterisierung des Syndroms 56
4.1.1 Die verschiedenen Erscheinungsformen des Raubbau-Syndroms 56
4.2 Der Mechanismus des RAUBBAU-SYNDROMS 58
4.2.1 Von der Textanalyse zum Syndrom-Beziehungsgeflecht 58
4.2.2 Der Syndromkern 60
4.2.3 Der aktuelle Mechanismus des Syndroms 62
4.2.4 Interaktion des RAUBBAU-SYNDROMS mit anderen Syndromen 67

5 KURZDEFINITIONEN DER SYMPTOME DES GLOBALEN WANDELS 69
6 GLOSSAR WICHTIGER BEGRIFFE DES GLOBALEN WANDELS 86
7 DIE SYNDROME DES GLOBALEN WANDELS ALS UNTERRICHTSGEGENSTAND 101
8 UNTERRICHTSPLANUNG MIT DEM SYNDROMKONZEPT 104

8.1 Themenfindung und –einordnung 105
8.2 Gewichtung und Spezifizierung der Fachinhalte 106
8.3 Verknüpfung der Fachinhalte 106

9 BEITRÄGE DER SYNDROME DES GLOBALEN WANDELS ZUR BILDUNG FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG 108
10 BEITRÄGE DER SYNDROME DES GLOBALEN WANDELS ZU EINER MODERNEN ALLGEMEINBILDUNG 110
11 LITERATUR 113
12 DAS AUTORENTEAM 117

1 Einleitung

Syndrome des Globalen Wandels – hinter diesem etwas sperrigen Titel verbirgt sich ein interdisziplinäres Konzept, das den Anspruch erhebt, so unterschiedliche Phänomene wie beispielsweise Bodendegradation, Klimawandel, Technologietransfer, Migration oder auch ein steigendes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung aufeinander zu beziehen und zu strukturieren. Ziel ist es, typische Muster des Globalen Wandels zu erkennen, neue Ereignisse einordnen und unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten besser beurteilen zu können. Dieses zunächst als Forschungsinstrument vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) entwickelte Konzept ist für den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen aus verschiedenen Gründen attraktiv. Es hilft Schülerinnen und Schülern, die komplexen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge des Globalen Wandels zu verstehen, es vermittelt Grundkenntnisse systemischer Arbeitsweisen und es schafft als interdisziplinärer Ansatz sinnstiftende Zusammenhänge zwischen den Methoden und Inhalten einzelner Fächer. Den Lehrerinnen und Lehrern eröffnet es neue Wege bei der Themenfindung und –einordnung sowie bei der fächerübergreifenden Verknüpfung von Inhalten.

Innerhalb des BLK-Programms „21“ – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – haben Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler in Berlin und Schleswig-Holstein dieses neue Unterrichtskonzept mit großem Engagement und Erfolg an unterschiedlichen Beispielen in den Sekundarstufen I und II erprobt. Die dabei entstandenen Unterrichtssequenzen werden ebenfalls innerhalb der Reihe „Werkstattmaterialien“ dokumentiert.

Eine leicht zugängliche, geschlossene und umfassende Darstellung des Syndromkonzepts existierte bisher noch nicht. Entsprechende Informationen musste man sich über Fachzeitschriften und das Internet selbst zusammenstellen. Dieser Band hat die Funktion eines Handbuches für Lehrerinnen und Lehrer: „Neueinsteigern“ bietet er einen Möglichkeit, sich das Syndromkonzept anzueignen und die für den Unterricht notwendige Sachkompetenz zu erwerben. Denen, die bereits damit arbeiten, soll er als Hintergrundmaterial und Nachschlagwerk dienen. Er enthält eine Einführung in die Konzeption (Kapitel 2), Kurzbeschreibungen der bisher identifizierten 16 Syndrome (Kapitel 3) und die exemplarische Darstellung eines einzelnen Syndroms (Raubbau), um die theoretischen Überlegungen an einem Beispiel zu verdeutlichen und nachvollziehbar zu machen (Kapitel 4). Hier haben wir zwischen einer Beschreibung, die alle, die sich das Konzept aneignen möchten, lesen sollten (Unterkapitel 4.1 und 4.2) und einer weitergehenden Bearbeitung des Syndroms, die speziellere Analyseschritte umfasst (Unterkapitel 4.3), unterschieden. Letztere ist nur auf der CD-Fassung dieser Materialiensammlung enthalten. Sie ist kein unbedingtes „Muss“ für das Grundverständnis, sondern ein Angebot für Ambitionierte, die sich tiefer in die Problematik einarbeiten wollen und Spaß oder professionelles Interesse an mathematischen Operationen und Fuzzy-Logik entwickeln.

Die inhaltliche Darstellung wird durch Kurzdefinitionen und ein Glossar wichtiger Fachbegriffe ergänzt (Kapitel 5 und 6).

Einige der Basismaterialien können auch als Hilfsmittel für Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden – etwa die Kurzdarstellungen aller Syndrome, die Kurzdefinitionen und das Glossar.

Überlegungen zu den unterrichtsbezogenen Bearbeitungs- und Nutzungsmöglichkeiten des Konzepts (Kapitel 7 und 8) werden ergänzt um eine Reflexion der Kompetenzen, die durch die Auseinandersetzung mit diesem Konzept bei Schülerinnen und Schülern im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung gefördert werden können (Kapitel 9). Ein letzter Abschnitt ist der Einordnung in

aktuelle bildungstheoretische Zusammenhänge gewidmet, die eine übergeordnete Argumentation für die Beschäftigung mit den Syndromen Globalen Wandels anbietet (Kapitel 10).

Die beiliegende CD-ROM enthält neben dem gesamten Basismaterialiensatz inklusive des Unterkapitels 4.3 zur Syndromanalyse des RAUBBAU-SYNDROMS noch folgende ergänzenden Materialien und Hilfsmittel:

- Die Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ aus den Jahren 1993 bis 2000. Hier wird die Grundidee eines systemischen Ansatz zur Erläuterung nicht-nachhaltiger Entwicklungsmuster im Rahmen des Globalen Wandels vorgestellt, sowie der Syndromansatz zur Analyse verschiedener Umweltveränderungen in Bereichen wie z.B. Boden, Süßwasser oder Biosphäre benutzt.
- Eine „Werkzeugkiste“ zur Nutzung und Erstellung von sogenannten Beziehungsgeflechten, d.h. zur grafischen Darstellung der Ursache-Wirkungsnetze von Syndromen. Sie enthält Grafiken zu allen Syndromen und Hilfsmittel zur selbständigen Erstellung solcher Geflechte (Symptomsammlung, Leerfolie). Um die Werkzeugkisten zu nutzen, benötigt man das Programm „smartdraw“. Das Grafikprogramm ist relativ leicht bedienbar und kostengünstig. Unter http://www.smartdraw.com ist sowohl die Vollversion als auch eine kostenlose 30-Tage-Testversion beziehbar.

2 Einführung: Die Syndrome des Globalen Wandels – ein Beschreibungs- und Analyseansatz zur nachhaltigen Entwicklung und zum Globalen Wandel

2.1 Einleitung

Ausgehend von der Erkenntnis, dass bloße Multidisziplinarität für eine Analyse des Globalen Wandels (GW) nicht ausreicht, trifft der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderung“ (WBGU) die Feststellung, dass ein Instrument für eine vernetzte Betrachtungsweise entwickelt werden muss, welche die „…Identifikation der wichtigsten Elemente im Rahmen des globalen Wandels und deren Zusammenspiel” zum Ziel haben muss (WBGU, 1993: 197). In einem ersten Schritt wurde hierfür im Jahresgutachten 1993 das sog. Globale Beziehungsgeflecht eingeführt, mit dem eine empirisch-phänomenologische Systemanalyse der entscheidenden „gegenseitigen Beeinflussungen der globalen Trends“ (WBGU 1993: 200) unternommen werden können. Im folgenden Jahresgutachten wurde dieser Ansatz dahingehend erweitert, dass „das disziplinär-symptomorientierte ´Globale Beziehungsgeflecht´ (…) eines syndromorientierten Fundaments von regionaler Auflösung (bedarf), das von vornherein fachübergreifend angelegt sein muss“ (WBGU 1994: 196). Unter Syndromen werden typische, funktionale Muster problematischer Mensch-Umwelt-Interaktionen verstanden, die durch Kombinationen einzelner Trends und Teilaspekte des GW (Symptome), die wichtigsten Veränderungen in Zivilisation und Natur charakterisieren. Als ein wesentlicher Vorteil des Ansatzes erwies sich, dass er als Kommunikationsinstrument über die diversen Fachgrenzen hinweg eine transdisziplinäre Analyse des GW ermöglicht.

Ziel des Syndromkonzepts ist die Beschreibung und approximative Vorhersage der Problemlagen des anthropogenen GW sowie die Identifikation und Evaluation globaler, über die einzelnen Skalen abgestimmte, Handlungsoptionen für eine nachhaltige Entwicklung. Im Gegensatz zur Konzentration auf meist an traditionellen Wissenschaftsdisziplinen orientierten Einzelaspekten, betont dieser Ansatz die Zusammenfassung aller relevanten Elemente und Interaktionen des GW auch dort, wo nur ungenaues oder qualitatives Wissen vorliegt. Das Syndromkonzept bietet daher einen Rahmen zur Strukturierung und Integration des derzeitigen Expertenwissens zu nicht-nachhaltigen Entwicklungen im Zivilisation-Natur-System.

Die Syndrome sind im Rahmen des Ansatzes als archetypische Muster der Mensch-Umwelt-Wechselwirkung definiert. Als solches sind sie

- **transregional**, das gleiche Muster wird in verschiedenen Regionen der Welt angetroffen,
- **transsektoral**, ein Syndrom wird durch Elemente aus den verschiedenen Sphären des Erdsystems (Hydrosphäre, Atmosphäre, Pedosphäre, Biosphäre, psychosoziale Sphäre, Wirtschaftssphäre, etc.) konstituiert, und
- über eine vorwiegend aus dem Syndrommechanismus **selbst bestimmte (endogene) Dynamik** angetrieben,

was sie als Elemente für die Analyse des GW geeignet erscheinen lässt.

2.2 Der Globale Wandel

Die Menschheit hat im Laufe ihrer zivilisatorischen Entwicklung schon immer ihre Umwelt verändert um sie ihren Bedürfnissen anzupassen. Diese Umweltgestaltung hat in den letzten Jahrhunderten immer größere Ausmaße angenommen. Mit der Industrialisierung begann die Menschheit erstmals großräumig in die Umweltprozesse einzugreifen. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschreibt Marsh (1864) die Umweltveränderung durch den Menschen. Zum Ende des 20. Jahrhunderts zeigt sich deutlich, dass die Menschheit die Ökosphäre in den letzten 50 Jahren grundlegend beeinflusst hat (Turner et al. 1990). Vor dieser Beeinflussung waren Änderungen der gesamten Ökosphäre im Wesentlichen durch die natürliche Dynamik des Systems gesteuert (Schellnhuber & Kropp 1999). Ausnahmen bildeten äußere Einflüsse wie etwa Asteroideneinschläge. Waren die wesentlichen Änderungen im Erdsystem bisher also mehr oder weniger komplett von der Entwicklung menschlicher Zivilisation - die eine eher vernachlässigbare Störung im Erdsystem bildete - entkoppelt, so haben sich mittlerweile die zivilisatorischen Einflüsse zu einer signifikanten Störgröße in der Ökosphäre entwickelt. Der Mensch agiert nun in der Rolle eines Verursachers und Betroffenen von Veränderungen im Erdsystem. Im Folgenden werden einige wichtige problematische Elemente oder Kernprobleme dieses Globalen Wandels kurz vorgestellt (zur näheren Erläuterung dieser Entwicklungen sei hier auf Cassel-Gintz 2001 verwiesen):

- der anthropogen verstärkte Treibhauseffekt,
- die anthropogen verursachte Bodendegradation,
- die anthropogen verursachte Süßwasserverknappung,
- der anthropogen verursachte Biodiversitätsverlust,
- die Zunahme von klimatischen Naturkatastrophen,
- die Bevölkerungsentwicklung,
- die Übernutzung und Verschmutzung der Weltmeere,
- die Gefährdung der Welternährung und Weltgesundheit,
- die globalen Entwicklungsdisparitäten.

Diese Entwicklungen dokumentieren, dass sich der GW aus einer Vielzahl von Einzelphänomenen naturräumlicher und sozioökonomischer Art zusammensetzt, die eng miteinander verwoben und vielfach wechselseitig voneinander abhängig sind, bzw. sich gegenseitig bedingen. Der GW stellt daher in seiner Gesamtheit ein sehr komplexes System dynamischer Entwicklungen aus Mensch-Umwelt-Interaktionen dar. Er ist damit nur schwer durch die bisherige, disziplinäre, eher auf einzelne Phänomene ausgerichtete Forschung, in seiner vielfältigen Dynamik zu erfassen und zu prognostizieren.

Jede Forschung zum GW ist mit zwei prinzipiellen Problemen konfrontiert. Zum einen erzwingt die Untersuchung des Erdsystems einen integrativen Ansatz, da die Wechselwirkungen über die Grenzen von Disziplinen, Sektoren, Umweltmedien und räumlichen Skalen hinweg reichen. Das zweite grundlegende Problem ist die Komplexität der Zusammenhänge, die eine übersichtliche Darstellung, Analyse und Modellierung sehr erschwert. Diese Probleme erfordern eine funktional aggregierte und Disziplinen und Skalen verknüpfende Herangehensweise. Die traditionellen wissenschaftlichen Ansätze mit weitgehend unabhängigen Disziplinen die sich jeweils mit ihrem eigenen Methodenpool isolierten Teilproblemen zuwenden, werden der Gesamtproblematik nicht gerecht. Es besteht hier die Gefahr, dass die Probleme in einer segmentierten, nach Fachgebieten zurechtgeschnittenen Wahrnehmung erfasst und behandelt werden. Ausnahmen hiervon bilden Ansätze, die sich auf mehr oder weniger einge-

engte Teilaspekte des Erdsystems begrenzen und so die Komplexität auf ein behandelbares Maß reduzieren. Gemeinsam ist diesen Modellen der methodische Zugang über die klassische Systemanalyse (Forrester 1972; Meadows 1972), der die Quantifizierung aller Wechselbeziehungen im System notwendig macht. Gerade diese Quantifizierung, besonders bei der Einbeziehung der Anthroposphäre, erweist sich jedoch für die Modellierung des Erdsystems als besonders schwierig. Aus diesen Erfahrungen heraus muss eine realistische Anwendbarkeit der klassischen Systemanalyse für die Beschreibung der Dynamik des GW eher bezweifelt werden.

2.3 Nachhaltige Entwicklung

Seitdem die Bilder des Apollo-Programms um die Welt gingen die die Erde als einen kleinen Ball in der Unendlichkeit des Alls zeigten, hat sich auch die Perzeption in Bezug auf die Interaktion von Ökosphäre und Anthroposphäre grundlegend geändert. Der Blick auf unseren „Blauen Planeten” hat den Fokus von der Untersuchung einzelner Regionen sowie von einzelnen Teilprozessen des Erdesystems auf eine Gesamtbetrachtung des Erdsystems, seiner Systemkomponenten sowie globalen Problemlagen hin erweitert.

Ein weltweites Netz von Forschungseinrichtungen und -programmen unterzieht den Globus einer hochtechnisierten, computer- und satellitengestützten Dauerbeobachtung. Die Mehrzahl dieser Beobachtungen und Messungen kommen zusammen mit den Resultaten von Simulationen zum Ergebnis, dass sich die natürlichen Bestandteile des Erdsystems in ihren Stärken und Wirkungen ändern. Die Ursachen werden primär in den Verantwortungsbereich menschlichen Handelns verwiesen. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft besteht inzwischen ein Konsens darüber, dass die Gesamtheit der beobachteten und prognostizierten globalen Umweltveränderungen, nicht nur die Funktion und den Bestand der Ökosphäre berühren und verändern, sondern auch die Lebens- und Zukunftsfähigkeit der Menschheit beeinträchtigen (WCED 1987; UNCED 1992; die Jahresberichte des World Ressource Institute [WRI], des World Watch Institute [Brown et al.], des WBGU, und die Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]).

Diese Erkenntnisse führten seit dem Brundtland-Bericht (WCED 1987) und verstärkt seit der UN Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (UNCED 1992) zur neuen normativen Leit- und Zielvorstellung für die Weltpolitik des 21. Jahrhunderts: „Sustainable Development“.

Eine Operationalisierung dieses Konzeptes einer „Nachhaltigen Entwicklung“ steht jedoch noch aus. Im Gegensatz zu älteren politischen Konzepten für einen verträglichen Umgang mit der Natur (z. B. Ecodevelopment), wurde mit dem Brundtland-Bericht eine erste Synopse von Umweltproblematik einerseits und Entwicklungsnotwendigkeit andererseits erstellt und versucht Lösungsansätze zu formulieren. Ein entscheidendes Element des Konzeptes drückt sich bereits im Namen der Autorenkommission des Berichtes (WCED) und im Titel der „Rio-Konferenz“ (UNCED) aus: Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Die Untrennbarkeit beider Elemente, Umwelt und Entwicklung, wird heute kaum noch bezweifelt. Eine Umgestaltung des Einen ist ohne das Andere ist nicht mehr vorstellbar, da der Mensch und die Umwelt ein eng miteinander verwobenes System bilden.

Historisch gesehen geht das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung auf einen Grundsatz der deutschen Forstwirtschaft zurück, wie er zuerst von dem sächsischen Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz (1645 - 1714) formuliert wurde (DIE ZEIT 1999: 98). Ein Haupthemmnis für die wirtschaftliche Entwicklung Sachsens in der 2. Hälfte des 17. Jahrhunderts war der akute Holzmangel. Um 1700 war der sächsische Silberbergbau, das ökonomische Rückgrat des Staates, durch das Fehlen von Holz zum Grubenausbau und von Holzkohle zum Betreiben der Schmelzhütten in seiner Existenz be-

droht. Die Umgebung der sächsischen Bergbaustädte waren durch den Jahrhunderte alten Raubbau weitgehend kahl geschlagen. Von Carlowitz kritisierte vor diesem Hintergrund das auf kurzfristigen Gewinn orientierte Handeln und forderte eine längerfristige Orientierung im Umgang mit der Ressource Holz. Über diesen auf die Forstwirtschaft gerichteten Gedanken hinaus, entwickelte von Carlowitz aber auch schon einen umfassenderen Nachhaltigkeitsgedanken, der in seinen Komponenten dem heute viel zitierten „Dreieck der Nachhaltigkeit“ nahe kommt. Unter dem „Dreieck der Nachhaltigkeit“ wird im Allgemeinen die Beschreibung der wechselseitigen Beziehungen zwischen ökologischer (Bewahrung der Umwelt), sozialer (Stärkung des sozialen Zusammenhalts/Gerechtigkeit) und ökonomischer (Befriedigung materieller Bedürfnisse) Dimension verstanden (Dierkes 1985). In der Diskussion des Nachhaltigkeitsbegriffs werden im Wesentlichen drei Grundsätze genannt, die für eine „Nachhaltige Entwicklung“ des Mensch-Natur-Systems notwendig sind (siehe z. B. Moffatt 1994, Mitchell et al. 1995):

1. Das Prinzip der intergenerationellen Gerechtigkeit: Die Fähigkeit zur Befriedigung der Bedürfnisse der nächsten Generation darf nicht durch die Befriedigung der Bedürfnisse der heutigen Generation beeinträchtigt werden.
2. Der Grundsatz der intragenerationellen Gerechtigkeit: Die Notwendigkeit eines Nachrückens der Entwicklungsländer, mit dem Ziel die Wohlstandsschere wieder zu schließen, was nicht notwendigerweise eine nachholende Entwicklung mit den gleichen Fehlern bedeutet, sondern eine beiderseitige Angleichung erfordert.
3. Die Betonung des intrinsischen Eigenwertes von Ökosystemen, aber auch ein kultureller Wert von indigenen Völkern.

Es lassen sich im wesentlichen zwei konzeptuell grundsätzlich unterschiedliche Herangehensweisen an den Nachhaltigkeitsbegriff ableiten. Die Mehrzahl der verschiedenen Operationalisierungsversuche für eine „Nachhaltige Entwicklung“ versucht eine positive Zieldefinition vorzunehmen. Dieses durch anthropogene Steuerung anzustrebende positive Leitbild verlangt die relativ genaue Festlegung des zu wählenden Entwicklungspfads und ein umfassendes Systemverständnis der Mensch-Natur-Wechselwirkungen. Die Zieldefinition wird durch die Komplexität und vielfältige Vernetzung der Problemlagen erschwert und birgt die Gefahr der Einengung auf einen anzustrebenden Entwicklungspfad, der sich aber auf Grund des unzureichenden Systemverständnisses durchaus als ein Fehlschlag erweisen kann. Die andere konzeptuelle Möglichkeit besteht darin, nicht-akzeptable Zustände im Erdsystem zu identifizieren die es zu vermeiden gilt, der Gedanke eines durch Leitplanken von nicht-nachhaltigen Entwicklungen abgegrenzten Entwicklungskorridors. Der Vorteil des Ansatzes eines Entwicklungskorridors gegenüber dem Versuch einer positiven Zieldefinition liegt in einem Plus an Handlungsspielräumen, Evolutionsfähigkeit und Offenheit. Vor allem aus diesem Grund erscheint der Weg eines akzeptablen Entwicklungskorridors als der gangbarere Weg gegenüber dem Versuch ein positives Leitbild zu erreichen. Das Syndromkonzept identifiziert nicht-nachhaltigen mit dem langfristigen Ziel diesen Korridor akzeptabler Entwicklungen auszuloten und in seinen Umrissen und wesentlichen Richtungen zu spezifizieren. Die Syndrome zeigen Entwicklungen auf, die auf dem Weg zu einer „Nachhaltigen Entwicklung“ vermieden werden sollten und stellt somit ein wissenschaftliches Instrument zur Formulierung und Bewertung von Nachhaltigkeitsstrategien zur Verfügung.

2.4 Das Syndromkonzept

Das Syndromkonzept setzt seinen Schwerpunkt in der funktionalen Betrachtung der problematischer Entwicklungen über einzelne sektorale und disziplinäre Grenzen hinweg. Dies erlaubt die aggregierte,

vergleichende Betrachtung von Systemen der Zivilisation-Natur-Interaktion in verschiedenen Regionen. Durch die Einbeziehung qualitativer Elemente, ist es möglich wichtige nicht quantifizierbare Informationen in die Analyse mit einfließen zu lassen. Ziele des Syndromkonzept sind:

- ein systemarer, funktional orientierter Überblick der Prozesse des GW auf verschiedenen räumlichen und zeitliche Skalen zu geben,
- das Aufzeigen nicht-nachhaltiger Verläufe von Entwicklungsmuster um somit die Leitplanken für eine „Nachhaltige Entwicklung“ bestimmen zu können,
- zur Operationalisierung des Nachhaltigkeitskonzepts beizutragen, und
- die Zerlegung des GW in jene funktionale Muster, welche die beste Entkopplung zwischen den beteiligten Einzelmustern liefert.

Die Grundthese des Syndromkonzepts lautet:

> Der Globale Wandel lässt sich in seiner Dynamik auf eine überschaubare Zahl von Kausalmustern in den Mensch-Umwelt Beziehungen zurückführen. Die nicht-nachhaltigen Verläufe dieser dynamischen Muster werden im Folgenden als Syndrome des Globalen Wandels bezeichnet.

Die potentiell nicht-nachhaltigen, bisher weder komplett erfassten, noch in ihren vielfältigen Auswirkungen vollständig verstandenen dynamischen Muster der Mensch-Natur-Wechselwirkungen bilden den Hauptzugang zum Verständnis des GW und seiner Auswirkungen. In diesem Sinne ähneln diese Muster „Krankheitsbildern“ mit einem nur in Teilen verstandenen Verlauf. Verschiedene wichtige Entwicklungen und Trends im Rahmen des GW können – ähnlich Symptomen als Teil verschiedener Krankheitsbilder – in verschiedenen nicht-nachhaltigen Entwicklungsmustern auftreten. In den folgenden Abschnitten werden die Grundelemente der Beschreibung der Prozesse des GW im Syndromkonzept vorgestellt.

2.4.1 Grundlegende Elemente des Syndromkonzepts

Das generelle Vorgehen für die Identifikation und Formulierung von Syndromen folgt einer integrativen Herangehensweise iterativ alternierend aus zwei verschiedenen Annäherungsrichtungen. In einem „Top-Down“ - Ansatz wird eine erste Hypothese für die Art der problematischen Entwicklungsmuster und ihrer Elemente aus dem generalisierten Wissen um die allgemeinen Mechanismen des Erdsystems, sowie über die wichtigsten Kernprobleme im Rahmen des GW gewonnen. Aus diesem globalen Systemverständnis heraus werden erste, auf Expertenwissen beruhende, Muster erstellt, die dann mit einem „Bottom-Up“ – Ansatz der Analyse detaillierter lokaler und regionaler Fallstudien verknüpft, überprüft und verbessert werden. Die grundlegenden Elemente der so gebildeten Ursache-Wirkungsmuster - der Syndrome - sind in Tabelle 1 kurz definiert und werden im Folgenden näher erläutert.

Tabelle 1: Definitionen der Grundbegriffe des Syndromkonzepts

Symptome	• sind die Grundelemente der systemanalytischen Beschreibung der Dynamik des GW im Rahmen des Syndromkonzept. • geben eine transdisziplinäre Zusammenschau der wichtigsten Entwicklungen im Rahmen des GW als qualitative Elemente. • bezeichnen komplexe natürliche oder anthropogene, dynamische Phänomene ohne die internen Vorgänge im Detail aufzulösen. • werden zunächst unbewertet umgangssprachlich definiert. • sind durch Indikatoren messbar. • beinhalten die temporalen Charakteristika der spezifischen Trends; ***X = (X, X', X'', ...)***

Wechsel-wirkungen	• sind die Verknüpfungselemente der systemanalytischen Beschreibung der Dynamik des GW im Rahmen des Syndromkonzept. • spezifizieren die Form der Kausalbeziehung zwischen Symptomen unter bestimmten gegebenen Bedingungen. • können zwischen einem einzelnen Symptompaar bestehen, oder synergistisch zwischen mehreren an einer Kausalbeziehung beteiligten Symptome wirken.
SYNDROME	• sind nicht-nachhaltige Entwicklungsmuster im Zivilisation-Natur-System, die nur über die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen erklärt werden können. • sind anthropogen verursachte Schädigungsmuster. • sind Interaktionsmuster komplexer Phänomene. • werden mittels interdisziplinärer und intersektoraler Ursache-Wirkungskomplexe semi-formalisiert. • sind charakteristische Konstellationen von Symptomen und ihren Wechselwirkungen. • sind über die einzelnen Sphären des Erdsystems hinweg formuliert.

2.4.2 Symptome des GW

Die bisherigen Ansätzen zur Beschreibung des GW nutzten relativ einfach zu indizierende Basisvariablen, wie z. B. CO_2 - Konzentration der Atmosphäre, Bevölkerungszahlen oder Bruttosozialprodukte. Im Gegensatz dazu werden im Syndromkonzept die *wichtigsten Entwicklungen des GW* als qualitative Elemente verwendet. Da diese Symptome so formuliert wurden, dass sich in ihrem Bedeutungsinhalt möglichst wenig Überschneidungen finden, ist es möglich, sie als grundlegende Elemente einer systemanalytischen Beschreibung der Dynamik des GW zu verwenden. Sie bezeichnen komplexe Prozesse, ohne jedoch die internen Vorgänge detailliert aufzulösen. Im Allgemeinen werden die Symptome durch Indikatoren bestimmt, die sich direkt oder indirekt aus einem Mess- oder Beschreibungsprozess ergeben (Petschel-Held et al. 1995). Diese Indikatoren können sowohl physikalische, chemische oder biologische Beobachtungsgrößen als auch Größen sein, die sich im Rahmen sozialwissenschaftlicher Umfragen ergeben. Wesentlich ist, dass diese Informationen nicht vollständig vorliegen müssen, sondern nur Hinweise auf den qualitativen Charakter bereitgestellt werden müssen.

Auf der Basis von Expertenwissen wurde bisher eine Liste von ca. 80 – 90 Symptomen aufgestellt, die für den GW hochrelevante Entwicklungen enthalten (Tabelle 2; WBGU 1996). Die Symptome sind zunächst umgangssprachlich definiert wie z. B. *Globaler Klimawandel, Urbanisierung* oder *Wachsendes Umweltbewusstsein* und geben Auskunft über die Hauptmerkmale der globalen Entwicklung. Eher problematische Vorgänge wie *Klimawandel, Schwund von Artenvielfalt* oder *Bodenerosion* stehen neben ambivalenten Trends wie *Globalisierung der Märkte* oder *Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie*, die je nach Blickwinkel und konkreter Ausprägung positiv oder negativ zu bewertende Effekte haben können. Hinzu kommen auch Entwicklungen, von denen man sich eine Abschwächung der globalen Probleme erhofft, wie z. B. *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes, Emanzipation der Frau, Wachsendes Umweltbewusstsein* oder *Zunahme internationaler Abkommen*. Auf diese Weise finden sich die meisten Hauptthemen der Debatte zum GW im Syndromkonzept wieder. Einige der Hauptthemen oder *Kernprobleme des GW* sind direkt mit entsprechenden Symptomen identisch, andere lassen sich im Sinne von *„Megatrends“* als Bündel von verwandten Trends identifizieren. So setzt sich z. B. das Kernproblem Bodendegradation aus mehreren Symptomen der Pedosphäre (*Erosion, Fertilitätsverlust, Versalzung, Versiegelung* etc.) zusammen, während der *Regionale und Globale Klimawandel* einen besonders dominanten Einzeltrend in der Symptomsammlung darstellt. Obwohl die genutzten Symptomnamen im Allgemeinen Veränderungen beschreiben, sind die Namen eher als Überschriften, denn als direkte Trends zu verstehen. Die Symptome umfassen jeweils alle möglichen zeitlichen Erscheinungsformen.

So ist also, z. B., das Symptom *Internationale Verschuldung* als *gegenwärtiger Schuldenstand, gleichmäßig ansteigenden Verschuldung, Beschleunigte Verschuldung,* zu lesen.

Tabelle 2: Globale Symptom-Sammlung

BIOSPHÄRE Konversion natürlicher Ökosysteme Fragmentierung natürlicher Ökosysteme Zunahme anthropogener Artenverschleppung Resistenzbildung Zunehmende Übernutzung biologischer Ressourcen Gen- und Artenverluste Verlust biosphärischer Senken Verstärkung von biosphärischen Quellen Schädigung von Ökosystemstruktur und -funktion	PEDOSPHÄRE Zunehmende Deposition und Akkumulation von Abfällen Verdichtung Versauerung / Kontamination Fertilitätsverlust (Humus, Nährstoffe) Erosion, morphologische Änderungen Versiegelung Versalzung, Alkalisierung Überdüngung
BEVÖLKERUNG Bevölkerungswachstum Gesundheitsschäden durch Umweltbelastung Urbanisierung Landflucht Zersiedelung Internationale Migration	ATMOSPHÄRE Verstärkter Treibhauseffekt Troposphären Verschmutzung Reduktion stratosphärischen Ozons Zunehmende regionale Luftverschmutzung Globaler und regionaler Klimawandel Zunahme von Spurengasen
HYDROSPHÄRE Meeresspiegelanstieg Veränderung des Grundwasserspiegels Änderung ozeanischer Strömungen Veränderung der Eiskappen und Gletscher Süßwasserverknappung Veränderung der Wasserqualität (Pathogene, Nährstoffe, Toxine) Veränderung der lokalen Wasserbilanz Veränderte Frachten von partikulären & gelösten Stoffen	GESELLSCHAFTLICHE ORGANISATION Verstärkung des nationalen Umweltschutzes Bedeutungszunahme der NRO Demokratisierung Soziale und ökonomische Ausgrenzung Zunahme ethnischer und nationaler Konflikte Institutionalisierung von Sozialleistungen Zunahme der internat. Abkommen & Institutionen Individualisierung Zunahme von sozialen & ökonom. Disparitäten Rückgang traditioneller gesellschaftlicher Strukturen Zunahme der strukturellen Arbeitslosigkeit Politikversagen
WISSENSCHAFT UND TECHNIK Automatisierung, Mechanisierung Medizinischer Fortschritt Fortschritt in der Informationstechnologie Verbesserung des technischen Umweltschutzes Entwicklung regenerativer Energien und Rohstoffe Entwicklung neuer Werkstoffe, stoffliche Substitution Wissens- und Technologietransfer Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie Intensivierung von Ausbildung und Qualifikation Wachsendes Technologierisiko	PSYCHOSOZIALE SPHÄRE Sensibilisierung für globale Probleme Ausbreitung westlicher Konsum- und Lebensstile Anspruchssteigerung Emanzipation der Frau Wachsendes Umweltbewusstsein Erhöhung der Mobilitätsbereitschaft Zunehmendes Partizipationsinteresse Zunahme fundamentalistischer Strömungen
WIRTSCHAFT Zunehmender Tourismus Tertiärisierung Globalisierung der Märkte Internationale Verschuldung Ausbreitung der Geldwirtschaft Zunehmender Protektionismus Ausbau der Verkehrswege Wachsendes Verkehrsaufkommen Rückgang der traditionellen Landwirtschaft Intensivierung der Landwirtschaft	Zunahme umweltverträglicher Wirtschaftsweisen Zentralisierung Wirtschaftspolitischer Strategien Aufbau technischer Großprojekte Industrialisierung Steigerung der Ressourcenproduktivität Steigerung der Arbeitsproduktivität Steigerung der Kapitalintensität Zunahme der Welthandelsströme Steigerung der Nahrungsmittelproduktion Ausweitung landwirtschaftlich genutzter Flächen Zunehmender Verbrauch von Energie & Rohstoffen

Die Symptome des GW stellen bereits einen ersten wesentlichen Abstraktionsschritt in der Analyse der Prozesse des GW dar. Ausgehend von einer überschaubaren Zahl von Fallstudien und Experteneinschätzungen müssen zunächst diejenigen Symptome bestimmt werden, die zur verallgemeinernden Abbildung der verschiedenen, in den Einzelstudien betrachteten Sachverhalte dienen können. So ist etwa in einem bestimmten Wirkungszusammenhang der Übergang vom Grabstock zum Ochsenpflug in Region A ebenso als eine Form der *Intensivierung der*

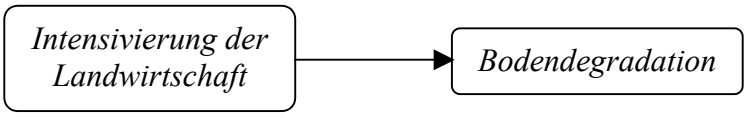
Landwirtschaft zu bewerten, wie die Erhöhung des Ziegenbestandes in Region B oder die Verkürzung der Brachezeit in Region

2.4.3 Wechselwirkungen zwischen Symptomen

Die reine Auflistung der Symptome des GW ist, selbst bei Beschränkung auf eine einzelne Region oder ein einzelnes Kernproblem, für eine Analyse des Systems und seiner Prozesse nicht ausreichend. Für Deutschland würde zwar eine Vielzahl solcher Symptome, wie z. B. *Urbanisierung*, *Zersiedelung*, *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes*, *Tertiärisierung* oder *Ausbau der Verkehrswege* relevant sein, es wird damit allerdings noch nichts über die Ursachen und Wirkungen also die *Kausalzusammenhänge,* gesagt. Die am Kernproblem des globalen und regionalen Klimawandels teilhabenden Entwicklungen, wie z. B. *Wachsendes Verkehrsaufkommen*, *Meeresspiegelanstieg*, *Konversion von Ökosystemen*, oder *Verstärkter Treibhauseffekt*, sind zwar bekannt, doch wird auch hier noch keine Aussage über die bestehenden Kausalmechanismen getroffen. Nur die Kenntnis der Zusammenhänge der einzelnen Systemteile, erlaubt letztlich ein effektives Agieren und Reagieren auf die Problemlagen im Zuge des GW. Innerhalb des Prozesses der Syndromidentifizierung sind verallgemeinernde Aussage im Bezug auf die *Wechselwirkungen* zwischen den einzelnen Symptomen möglich. Eine solche Charakterisierung ist etwa durch die Aussage

„Je intensiver die Landwirtschaft, desto höher die Bodendegradation“ (A 1)

oder graphisch dargestellt:



gegeben. Diese Aussage ist nur innerhalb eines eingeschränkten Kontextes gültig, der durch bestimmte sozioökonomische und naturräumliche Gegebenheiten determiniert ist.

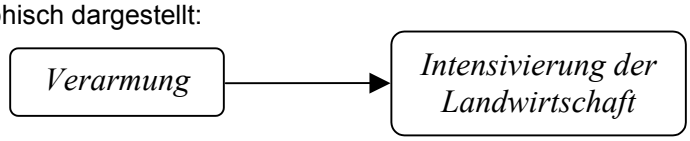
Verschiedene Formen der Wechselwirkungen zwischen Symptomen und deren Symbolisierung, wie sie in den syndromspezifischen Beziehungsgeflechten verwendet werden, sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Wirkung zwischen 2 Symptomen kann entweder verstärkend, abschwächend oder auch unbestimmt sein (Tabelle 3). Zwischen 3 oder mehreren Symptomen kann es zu sich bedingenden Wechselwirkungen kommen die neben einfacher additiver Verstärkung oder Abschwächung auch synergistische Wirkung haben können. Im Fall von gegensätzlicher Monotonie in einer sich bedingenden Wechselwirkung zwischen 3 Symptomen müssen die einzelnen Funktionen näher bestimmt werden um zu einer Aussage über das Gesamtverhalten kommen zu können.

2.4.4 Syndrome als funktionale Muster des Globalen Wandels

Innerhalb des Syndromkonzepts wird die These aufgestellt, dass es Cluster von Wechselbeziehungen der in Aussage 1 beschriebenen Art gibt, die unter einem jeweils ähnlichen Kontext gültig sind. So sind bestimmte Varianten der Bedingungen unter denen die folgende Wechselbeziehung:

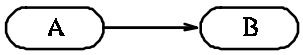
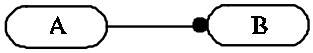
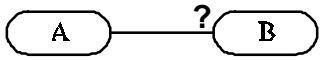
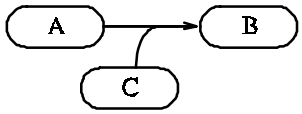
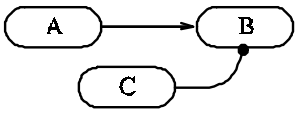
„Je ärmer die Bevölkerung, desto stärker wird von niedrigem Niveau aus landwirtschaftlich intensiviert.“ (A 2)

oder graphisch dargestellt:



als gültig betrachtet wird, identisch mit den Voraussetzungen für Aussage 1 und können zusammenfassend als *„landwirtschaftliche Marginalität mit hauptsächlicher Subsistenzbewirtschaftung“* (QUESTIONS 1996, 1998) charakterisiert werden. Somit ist es möglich, beide Beziehungen im Rahmen eines solchen Kausalmusters als gegeben anzunehmen.

Tabelle 3: Wechselwirkungen zwischen Symptomen und deren Symbolisierung

Wechselwirkung	Differential Gleichung	Monotonie	Symbol
B ist eine monoton steigende Funktion von A	$B = f(A)$	$\frac{\partial f}{\partial A} > 0$	
B ist eine monoton fallende Funktion von A	$B = f(A)$	$\frac{\partial f}{\partial A} < 0$	
B ist eine unbekannte Funktion von A	$B = f(A)$	unbekannt	
B ist Summe aus einer monoton steigenden Funktion von A und einer monoton steigenden Funktion von C	$B = f(A) + g(C)$	$\frac{\partial f}{\partial A} > 0, \frac{\partial g}{\partial C} > 0$	
B ist Summe aus einer monoton steigenden Funktion von A und einer monoton fallende Funktion von C	$B = f(A) + g(C)$	$\frac{\partial f}{\partial A} > 0, \frac{\partial g}{\partial C} < 0$	

Der Verallgemeinerungscharakter von Aussagen wie A 1 oder A 2 wird nicht nur in der bereits bei der Symptomauswahl erfolgten Abstraktion deutlich. Vielmehr liegt die Essenz darin, dass hier nur von *Monotoniebeziehungen* in der Art *„je mehr X, desto mehr Y”* gesprochen wird, nicht aber von spezifischen Funktionsverläufen. Unter diesen Umständen können etwa zwei Aussagen wie *„die Bodenabtragsrate ist eine quadratische Funktion des Ziegenbestandes“* und *„der jährliche Bodenverlust in cm hängt logarithmisch von der Zahl der Ochsenpflüge ab“* verallgemeinernd zusammengefasst werden. Die Syndrome stellen damit charakteristische Konstellationen von Symptomen und ihren Interaktionen dar, die sich in vielen Regionen dieser Welt identifizieren lassen.

In einer durch Expertenwissen gestützte Arbeitshypothese gehen wir von einer vorläufigen Liste von Syndromen aus, die nicht-nachhaltige Entwicklungsmuster beschreiben. Bei einer rein empirischen Erstellung der Muster ergeben sich grundlegende Schwierigkeiten auf Grund der Probleme der Datenlage, der Heterogenität der Daten, der generelle Verfügbarkeit von Daten vergleichbarer Metrik, sowie in Bezug auf inhaltlicher Aussage und übereinstimmenden Bezugszeitraum. Die Syndrommusterhypothesen werden im weiteren Prozess dem wachsenden Verständnis für die Problemlagen und der sich zunehmend verbessernden Datenlage angepasst. Dieser Verbesserungsprozess zeigt die Flexibilität des Syndromkonzepts im Umgang mit dem wachsenden Verständnis für die Interaktionen im Zivilisation-Natur-System, eine Fähigkeit, die vielen anderen Ansätzen zur Beschreibung des GW fehlt.

In einer ersten Einordnung kann zunächst zwischen drei großen Gruppen von Syndromen unterschieden werden:

1. Syndrome als Folge einer unangepassten Nutzung von Naturressourcen als Produktionsfaktoren (Syndromgruppe ***„Nutzung“***).
2. Mensch-Umwelt-Probleme, die sich im Zusammenhang mit nicht nachhaltigen Entwicklungsprozessen ergeben (Syndromgruppe ***„Entwicklung“***).

3. Umweltdegradation durch nicht angepasste zivilisatorische Entsorgungsanforderungen (Syndromgruppe ***„Senken“***).

In Tabelle 4 ist eine Liste der 16 bisher formulierten Syndrome mit jeweils einer Kurzcharakterisierung ihres Mechanismus gegeben (WBGU 1996).

Tabelle 4: Liste der Syndrome des Globalen Wandels

Syndromgruppe *„Nutzung“*

1. Landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte: Das SAHEL-SYNDROM
2. Raubbau an natürlichen Ökosystemen: Das RAUBBAU- SYNDROM
3. Umweltdegradation durch Preisgabe traditioneller Landnutzungsformen: Das LANDFLUCHT-SYNDROM
4. Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern: Das DUST-BOWL-SYNDROM
5. Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen: Das KATANGA-SYNDROM
6. Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke: Das MASSENTOURISMUS-SYNDROM
7. Umweltzerstörung durch militärische Nutzung: Das VERBRANNTE-ERDE-SYNDROM

Syndromgruppe *„Entwicklung“*

8. Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten: Das ARAL-SEE-SYNDROM
9. Umweltdegradation durch Verbreitung standortfremder landwirtschaftlicher Produktions-verfahren: Das GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM
10. Vernachlässigung ökologischer Standards im Zuge hochdynamischen Wirtschaftswachstums: Das KLEINE-TIGER-SYNDROM
11. Umweltdegradation durch ungeregelte Urbanisierung: FAVELA-SYNDROM
12. Landschaftsschädigung durch geplante Expansion von Stadt- und Infrastrukturen: Das URBAN-SPRAWL-SYNDROM
13. Singuläre anthropogene Umweltkatastrophen mit längerfristigen Auswirkungen: Das HAVARIE-SYNDROM

Syndromgruppe *„Senken“*

14. Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen: Das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM
15. Umweltverbrauch durch geregelte und ungeregelte Deponierung zivilisatorischer Abfälle: Das MÜLLKIPPEN-SYNDROM
16. Lokale Kontamination von Umweltschutzgütern an vorwiegend industriellen Produktionsstandorten: Das ALTLASTEN-SYNDROM

Die Namen sind von typischen Regionen in denen die Syndrome aufgetreten sind, von typischen Ereignissen oder einem typischen Schlagwort für die Mechanismen, abgeleitet.[1] Diese Syndromliste stellt keine finale Einordnung der problematischen Entwicklungsmuster dar. Sie soll als eine erste, in Teilen bereits gut überprüfte Hypothese verstanden werden. Jedes der als nicht-nachhaltig anzusehenden Muster ist von unterschiedlichen Triebkräften und Ursache-Wirkungsgeflechten geprägt, die einen signifikanten Beitrag zu einem, meist aber mehreren Kernproblemen des GW leisten. Auf Grund der unterschiedlichen Mechanismen und Triebkräfte müssen auch die zur Vermeidung oder Abschwächung eines Kernproblems zu ergreifenden Abhilfemaßnahmen an die einzelnen verursachenden Muster angepasst werden.

Die Entwicklung des Syndrombegriffs wurde vor allem durch die Erkenntnis motiviert, dass in verschiedenen Regionen der Welt ähnliche Mechanismen im System Mensch-Natur feststellbar sind. Dies bedingt nicht, dass in allen Regionen in denen ein Syndrom aktiv ist, ein bestimmtes Symptom genau dieselbe Bedeutung haben muss. Auf Grund der verschiedenen geographischen, wirtschaftlichen, sozialen, kulturellen oder ethnischen Unterschiede werden sich kaum zwei Regionen finden lassen, in denen die lokalen Repräsentationen eines Syndroms vollständig identisch sind. Je nach regional spezifischer Ausprägung können Symptome hinzutreten, fehlen oder unterschiedlich

[1] Diese Bezeichnungen wurden vom WBGU (1994, 1996) gewählt. Ihr Vorteil liegt in der perzeptiven Verknüpfung des Syndrommechanismus mit bekannten Problemlagen. Ein Nachteil dieser Namen liegt in der möglichen Vorstellung, ein Syndrom konzentriere sich auf die Beschreibung von Problemlagen in Regionen oder einzelner historischer Ereignisse und nicht auf die allgemeine Form der in diesen Regionen aktiven, bzw. an diesen Ereignissen, beteiligten Wirkungsmechanismen.

ausgeprägt auftreten ohne jedoch das charakteristische Muster und die typische Dynamik des Syndroms zu verändern. In jedem Syndrom sind jedoch Symptome und Wechselwirkungen, die für die charakteristische Ausprägung des Musters notwendig sind, die also in jeder regionalen Ausprägung auftreten. Diese konstitutiven Elemente eines Syndroms bilden ein vereinfachtes, aber für den Syndrommechanismus konstituierendes Beziehungsgeflecht, den *Syndromkern*.

Betrachten wir als Beispiel das SAHEL-SYNDROM, definiert als „die landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte durch armutsgefährdete Bevölkerungsgruppen“ Das wesentliche Muster in diesem Syndrom ist gegeben durch die folgende zyklische Kausalität:

- *Armut* sowie *Soziale und ökonomische Ausgrenzung* führen zu einer *Intensivierung der Landwirtschaft*, die kurzfristig die Erträge erhöht. Mittel- bis Langfristig führt die intensivierungsbedingte Übernutzung des Bodens (z.B. durch die notwendig werdende Verkürzung der Brachezeit) zu einer
- Bodendegradation (insbesondere *Erosion*) die wiederum wesentliche Ertragseinbußen bedingt,
- diese Ertragseinbußen verstärken wiederum die *Armut* bzw. die *soziale und ökonomische Ausgrenzung*.

In diesem Falle ist es also naheliegend, diesen *Teufelskreis* in den Mensch-Umwelt Beziehungen – eventuell unter Hinzuziehung verschiedener Antriebe für dieses essentielle Schwungrad des Syndroms (z.B. *Bevölkerungswachstum, verstärkte Wirtschaftsregulierung*) – als Syndromkern zu betrachten. Er stellt somit den das Syndrom definierenden Kernmechanismus dar. Damit ist das SAHEL-SYNDROM überall dort anzutreffen, wo dieser das Syndrom konstituierende Teufelskreis in dieser oder einer sehr ähnlichen Art und Weise beobachtet werden kann.

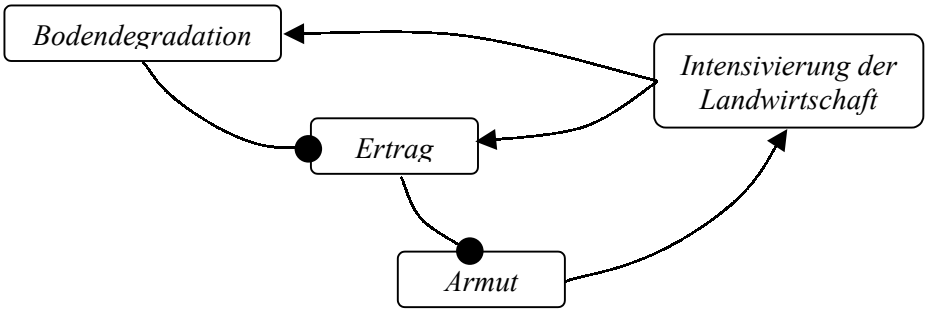


Abbildung 1: Graphische Darstellung des SAHEL-SYNDROM Syndromkerns

2.4.5 Konzepte zur Syndromdiagnose

2.4.5.1 Das Dispositionskonzept: die geographisch explizite Anfälligkeit

Dem Dispositionskonzept liegt die Frage nach dem Grund für die Anfälligkeit einer Region gegenüber einem bestimmten Syndrom zu Grunde. Das Konzept untersucht unter welchen Bedingungen die im Syndromkern inhärenten Wechselbeziehungen als Potential vorhanden sind. Das Dispositionskonzept liefert die Beschreibung der relativ langsam veränderlichen naturräumlichen und anthropogenen Strukturen, die eine Region anfällig gegenüber einem bestimmten Syndrom machen. Durch die Analyse geeignete Indikatoren wird jedem Ort auf der Erde ein Wert zwischen 0 und 1 für die „Anfälligkeit" oder Disposition gegenüber einem bestimmten Syndrom zugewiesen. Hierbei bezeichnet die 0 keine Anfälligkeit und 1 die Anfälligkeit für das Syndrom. Werte zwischen 0 und 1 bezeichnen im Sinne der Fuzzy-Logik (siehe Appendix I) einen Zugehörigkeitswert zur Aussage „ist anfällig gegenüber dem Syndrom“. Als Grundlage für die Berechnung des Dispositionsraums steht die Identifikation von

Indikatoren für die verschiedenen Strukturelemente des Syndroms. Im zweiten Schritt erfolgt die Verknüpfung der in der betrachteten Region bestimmten Indikatoren. Die teils recht diffizile Verknüpfung der verschiedenen Indikatoren ist ein Abbild der spezifischen Bedingungen und ihrer Strukturen, die das Auftreten der Wechselbeziehungen des Syndromprofils mehr oder weniger wahrscheinlich machen. Als Ergebnis der Dispositionsanalyse erhält man eine Karte derjenigen Regionen, die gegenüber dem betrachteten Syndrom besonders anfällig sind. Diese Dispositionskarten bieten bereits aggregierte Informationen von hohem Wert, da sie Aufschluss über die Gefährdung der verschiedenen Regionen gegenüber Prozessen des GW geben. Auf Grundlage dieser Daten können bereits Strategien und konkrete Gegenmaßnahmen entwickelt werden: Entweder man versucht, die Disposition langsam zu mindern oder man versucht, das Auftreten syndromauslösender Faktoren – den Expositionsfaktoren – zu verhindern.

2.4.5.2 Exposition: auslösende Faktoren

Die Expositionsanalyse untersucht die verschiedenen Faktoren die den Ausbruch eines Syndroms auslösen können. Bei *Expositionsfaktoren* handelt es sich um relativ kurzfristige Entwicklungen oder um plötzlich auftretende Ereignisse, die ihre Ursache auch außerhalb des hier zu Grunde liegenden Verständnisses des GW (Mensch-Naturschnittstelle) haben können. Am Beispiel der Entwicklung des Berliner *„Speckgürtels“* sind dies z. B. der Fall der Berliner Mauer, bzw. die politische Wandlung und wirtschaftliche Öffnung des Ostblocks. Dieses Ereignis kann der Auslöser für ein Einsetzen des SUBURBIA-SYNDROMS im Raum Berlin sein, aber auch der Auslöser für einen wirtschaftlichen Entwicklungsmechanismus nach Art des KLEINE-TIGER-SYNDROMS. Dies verdeutlicht, dass derselbe politische Prozess unterschiedliche Syndrome anstoßen kann.

Es ist nicht immer möglich Disposition von Exposition klar zu trennen. Expositionsfaktoren sind häufig nicht völlig unabhängig von den Strukturen, die bereits zur Bewertung der Disposition herangezogen wurden. Es lassen sich verschiedene Klassen von Expositionsfaktoren identifizieren:

1. *Endogene Faktoren*: Hiermit sind Faktoren gemeint, die im Syndrombegriffsbild des GW bereits eine Rolle spielen. Durch das Überschreiten von Schwellwerten kann ein Teufelskreis angestoßen werden, z.B. kann eine stetig zunehmende Intensivierung einen Schwellwert überschreiten ab dem sie zu einer Ressourcenschädigung führt. Es können aber auch Syndrome selbst als Auslöser für andere Syndrome fungieren. Beispielsweise kann die im SAHEL-SYNDROM auftretende Migration zu einer Verstärkung der Urbanisierungsprozesse in Entwicklungsländern führen und so zu einem Expositionsfaktor für das FAVELA-SYNDROM werden. Ein ähnlicher Fall stellt die „Syndromsukzession“ dar, bei der ein Syndrom einem anderem in derselben Region nachfolgt, wie z.B. beim Übergang vom KLEINE-TIGER-SYNDROM zum HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM nach dem Abschwächen des starken Wirtschaftswachstums.
2. *Exogene Faktoren*: Das Auslösen eines Syndroms durch Einflüsse, die außerhalb der mit den Syndromen beschriebenen Prozesse stehen. Hier sind zu nennen:
   - *natürliche Katastrophen* singulärer Ausprägung wie Vulkanausbrüche, Erdbeben etc.
   - *extreme Ereignisse* im Rahmen natürlicher Variabilitäten wie Dürreperioden, Häufung von Sturmereignissen, etc. Ein Beispiel sind die Dürreperioden der 60er und 70er Jahre welche in Afrika zur Marginalisierung großer Bevölkerungsgruppen beigetragen haben, was ein entscheidender Faktor für das Anlaufen der im SAHEL-SYNDROM beschriebenen Armuts-Degradations-Spirale war.
   - *politische Singulärereignisse*, wie z. B. die Wende in Mittel- und Osteuropa, welche die Abholzung der sibirischen Wälder mitangestoßen hat (RAUBBAU-SYNDROM).

- *kurzfristige wirtschaftliche Ereignisse*, wie etwa Signale und Veränderungen auf den Finanzmärkten (Preisbewegungen, Wechselkursschwankungen, etc.) die z. B. die Exploitation schwer zugänglicher Ressourcen ökonomisch lohnenswert machen.

Die hier aufgelistete Klassifikation von Expositionsfaktoren ist bisher noch sehr vorläufig und soll zunächst nur einen ersten Eindruck vermitteln. Es ist jedoch bereits klar ersichtlich, dass sowohl kurzfristige Ereignisse, aber durchaus auch mittel- bis längerfristige Vorgänge eine Rolle im Auslösen von Syndrommechanismen spielen. Die Expositionsfaktoren führen dazu, dass in bestimmten Bereichen kritische Variablen über einen Schwellwert bewegt werden, ab dem die syndrominterne Dynamik angestoßen wird. Der Grundgedanke des kombinierten Dispositions- und Expositions-Konzeptes ist, dass das Syndrom nur dort ausbrechen kann, wo zu einer ausreichenden Disposition eine entsprechende Exposition tritt. Für eine Validierung der Diagnose eines aktiven Syndroms ist also Grundvoraussetzung, dass das gegenwärtige Vorhandensein eines Syndroms nur dort identifiziert werden sollte, wo in der Vergangenheit sowohl Disposition als auch Exposition zusammentrafen. Dies wirft nun die Frage der geographisch expliziten Diagnose gegenwärtig ablaufender Syndrome auf, die im Mittelpunkt des Intensitätskonzepts steht.

2.4.5.3 Das Intensitätskonzept: Die Stärke des Auftretens eines Syndroms

Die Diagnose eines Syndroms sollte, soweit es die Datenlage zulässt, auf eine objektivierbare Datenbasis gestützt sein. Da die verfügbaren quantitativen Daten in den meisten Fällen allerdings nicht ausreichend für eine Syndromdiagnose sind, müssen weitere verfügbaren Informationen aus qualitativen Datenquellen herangezogen werden. Dies kann mittels Expertenbefragung erfolgen oder aus Fallstudien gewonnen werden. Solche qualitativen Informationen spielen im Syndromansatz eine besondere Rolle, da sie zum einen den Bezug auf qualitativ spezifizierte Wechselbeziehungen zwischen den Symptomen erlauben und zum anderen die unzureichende quantitative Datenbasis vervollständigen.

Ausgangspunkt für die Beurteilung der Stärke des Auftretens eines Syndroms ist der bereits angesprochene Syndromkern. Falls sich in einer Region die am Syndromkern beteiligten Symptome und ihre Wechselwirkungen mit Hilfe geeigneter Indikatoren bestimmen und belegen lassen, so ist anzunehmen, dass die Entwicklung in der betrachteten Region dem syndromspezifischen Entwicklungsmuster folgt. Die Intensität eines Syndroms beschreibt somit die Stärke des Auftretens der Symptome und ihrer Interaktionen im Syndromkern. Sie gibt an, wie stark die für den GW als wesentlich zu bezeichnenden Entwicklungen in der Region in ihrem systemaren Wechselspiel zu beobachten sind.

2.4.5.4 Syndromkopplungen

Ein weiterer Vorteil des Syndromkonzepts besteht darin, verschiedene Formen des Zusammenhangs zwischen Schädigungstypen auszumachen und genauer spezifizieren zu können. So kann, z. B. eine Maßnahme zur Bekämpfung eines Problemmechanismus oder zur Dämpfung seiner Auswirkungen einen anderen in Gang setzen oder ein bestehendes Problem verschlechtern. Am Beispiel des SAHEL-SYNDROMS verdeutlicht bedeutet dies, dass der Einsatz von Hochertragssorten, Pestiziden, Düngemitteln und verstärkter Bewässerungslandwirtschaft zwar die Erträge steigern kann, aber mittel- bis langfristig zu einer Verstärkung der sozialen Disparitäten / Verarmung führt und zu Umweltschäden durch toxische Belastung und Versalzung der Böden in Folge der Bewässerung führt. Diese als Gegenmaßnahmen zum SAHEL-SYNDROM eingeleiteten Prozesse und ihre Folgen sind dem GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM zuzuordnen (QUESTIONS 1998; WBGU 1997). Ein Ziel des Syndromansatzes ist die Reduktion der Informationsfülle auf ein überschaubares Maß, bei gleichzeitigem Erhalt der

wesentlichen Zusammenhänge. Dazu zählen auch die Kopplungen von Syndromen untereinander. Grundsätzlich können folgende Formen der Syndromkopplung unterschieden werden:

1. **Koinzidenz / Räumliche Überlagerung**: Die schwächste, aber auch die häufigste Form der Syndromkopplung besteht in dem gleichzeitigen Auftreten der Syndrome in einer Region. Ein Beispiel dafür ist das zeitgleiche, aber kausal nicht miteinander verknüpfte Auftreten des SUBURBIA-SYNDROMS und des ALTLASTEN-SYNDROMS in einer Region. Diese schwachen Kopplungen können in besonders anfälligen Regionen eine große Bedeutung erlangen. In solchen Ländern genügt unter Umständen bereits das gemeinsame Auftreten von nur zwei Syndromen, um die „Widerstandsfähigkeit“ des Landes völlig zu überfordern. Dies kann dann auch zum mehr oder weniger spontanen Ausbrechen weiterer Syndrome führen.

2. **Kopplung durch gemeinsame Symptome**: Eine stärkere Form der Syndromkopplung, in der zwei Syndrome ein zentrales oder auch mehrere Symptome als gemeinsame Elemente enthalten. Ein Beispiel dafür kann im GRÜNE-REVOLUTION- und SAHEL-SYNDROM auftreten, wo eine räumliche und zeitliche Parallelität des Auftretens der beiden Syndrome nicht zufällig erscheint, sondern viel mehr über das Symptom *Armut/Soziale und ökonomische Ausgrenzung* erfolgt, welches in beiden Syndromkernen enthalten ist und damit die Syndrome untereinander verknüpft.

3. **Exposition**: Ein bereits aktives Syndrom kann ein anderen auslösen, wobei die beteiligten Regionen nicht koinzident oder räumlich benachbart sein müssen. So kann z.B. das RAUBBAU-SYNDROM als aus lösendes Moment oder Expositionsfaktor für das SAHEL-SYNDROM oder das DUST-BOWL-SYNDROM fungieren.

4. **Verstärkung**: Nicht nur Symptome können verstärkend oder abschwächend aufeinander wirken, sondern auch ganze Syndrome. Als „Symptomcluster“ stoßen sie dann nicht, wie in Fall (2), über einzelne Symptome, sondern über die kombinierte Wirkungsmacht ihres charakteristischen Musters selbst andere Syndrome an. So können die durch das RAUBBAU-SYNDROM verursachten Umweltdegradationen dazu führen, dass die Disposition einer Region für das SAHEL-SYNDROM verstärkt wird und der Syndrommechanismus beschleunigt abläuft.

5. **Abschwächung**: Syndrome können sich auch gegenseitig abschwächen und auf diese Weise miteinander verknüpft sein. So können die durch das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM hervorgerufenen Umweltschäden zu einem Attraktivitätsverlust einer Region und damit zu einer Abschwächung des MASSENTOURISMUS-SYNDROMS führen.

6. **Sukzession**: Syndrome als kritische Muster der Mensch-Natur-Interaktion haben natürlich auch einen Anteil an der Geschichte dieser Interaktion. Bei einer Analyse der Geschichte menschlicher Naturnutzung und -degradation kann nicht nur das Auftreten einzelner Syndrome in der Vergangenheit erkannt werden, sondern auch typische Ablaufs- oder Sukzessionsmuster von Syndromen. Aus Materialien der Umweltgeschichtsschreibung kann nicht nur das Auftreten des HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROMS schon bei den sächsischen Eisenhütten des frühen 19. Jahrh., sondern auch typische Ablauf- oder Sukzessionsmuster von Syndromen abgeleitet werden. Es erscheint, dass die Abfolge von zivilisatorischen Entwicklungsstadien mit bestimmten Schädigungstypen ihrer natürlichen Basis verknüpft sind. Dies kann zumindest explorativ auch für eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Erdsystems genutzt werden. So lässt sich etwa eine Syndromsukzession bilden, die mit dem

SAHEL-SYNDROM anfängt, nach einem Bifurkationspunkt zum GRÜNE-REVOLUTION- oder zum KLEINE-TIGER-SYNDROM führt und schließlich vom DUST-BOWL-, SUBURBIA-, HOHER-SCHORNSTEIN- und MÜLLKIPPEN-SYNDROM vorläufig abgeschlossen wird.

7. **Nichtintendierte Initiierung**: Die den Syndromen inhärenten Fehlentwicklungsmuster sind in zahlreichen Fällen in der Form von Kernproblemen des Globalen und Regionalen Wandels bekannt und auch bereits Gegenstand politischer oder wirtschaftlicher Abhilfemaßnahmen. Es lässt sich jedoch beobachten, dass unter Umständen eben genau diese Gegenmaßnahmen zwar erfolgreich im Hinblick auf das „Zielsyndrom“ sind, jedoch andere Syndrome auslösen oder verstärken können. So ist in manchen Regionen das GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM erst durch Gegenmaßnahmen zum SAHEL-SYNDROM oder dem LANDFLUCHT-SYNDROM entstanden (WBGU 1998; QUESTIONS 1998). Ein weiteres Beispiel ist die Erhöhung der Schornsteine in Mitteleuropa. Hier sollte die intendierte „Verdünnung“ der Schadstoffe durch den Ferntransport (HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM), als eine Gegenmaßnahme zur lokalen Deposition von Schadstoffen aus Produktionsprozessen (ALTLASTEN-SYNDROM) wirken.

Es zeigt sich damit deutlich, dass der Syndromansatz neben der Systematisierung des GW nach Hauptmustern der Umweltdegradation, auch die Möglichkeit liefert, die Interaktionen, die zwischen diesen Mustern bestehen, systematisch formalisiert anzugehen.

3 Kurzbeschreibungen für die 16 vom WBGU identifizierten Syndrome des Globalen Wandels

3.1 Die landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte durch Armutsgefährdete Bevölkerungsgruppen - DAS SAHEL-SYNDROM

3.1.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Als SAHEL-SYNDROM wird der Ursachen-Wirkungskomplex von Degradationserscheinungen, hervorgerufen durch verarmte oder marginalisierte Landbevölkerung, bezeichnet, die bei Überschreitung der ökologischen Tragfähigkeit in Regionen (marginale Standorte) auftreten, wo die natürlichen Umweltbedingungen (Klima, Boden) nur begrenzte landwirtschaftliche Nutzungsaktivitäten zulassen.

Das SAHEL-SYNDROM zeichnet sich durch sein frühes Auftreten in der menschlichen Entwicklungsgeschichte aus. Es tritt typischerweise in subsistenzwirtschaftlich geprägten Regionen auf. Ländliche Armutsgruppen und von Ausgrenzung bedrohte Bevölkerungsschichten übernutzen die zur Verfügung stehenden Agrarflächen (z. B. durch Überweidung, Ausweitung von Landwirtschaft auf ökologisch empfindliche Gebiete, Intensivierung der Bodenbearbeitungsmethoden, etc.). Der Komplex von Umweltdegradationserscheinungen in marginalen Räumen, hervorgerufen durch das Überschreiten der ökologischen Tragfähigkeit in Folge von unangepassten Nutzungsweisen verarmter, oder marginalisierter Bevölkerungsgruppen, tritt vor allem verstärkt im durch Nomadismus geprägten Altweltlichen Trockengürtel auf. Äußere Einflüsse, wie z. B. die Änderung des Wertesystems im Zuge der Europäischen Kolonialisierung, oder die Grenzziehungen in der Nachkolonialen Phase, führen zu einer Marginalisierung der ursprünglich gut an ihre äußeren Bedingungen angepassten Hirtenvölker, die zu standörtlich unangepassten Nutzungsweisen gezwungen wurden und damit letztlich auch zum Niedergang des Nomadismus. Dieser Ursache-Wirkungskomplex ist Teil der als SAHEL-SYNDROM bezeichneten Armuts-Degradationsspirale. Das Ziel der ökonomisch und politisch marginalisierte Bevölkerungsgruppen, die oft in absoluter Armut leben oder besonders von ihr bedroht sind (z. B. Nomaden, Kleinbauern, Landlose, Frauen, ethnische Minoritäten) ist die Verbesserung oder wenigstens der Erhalt ihrer Lebensbedingungen. Die Intention dieser Akteure mit einem verengten Handlungsspielraum, Optionen-Set oder Zeithorizont erzeugt unter den marginalen Bedingungen aber gerade das Gegenteil. Die im Rahmen dieses Teufelskreises auftretende Verschlechterung der Lage kann insgesamt als ein Komplex nicht-intendierter Folgen intentionalen Handelns aufgefasst werden. Auf der Mikroebene der Akteure (Individuen, Familien, Dörfer, etc.) wird im Kontext der Situation rational gehandelt, auf der Makroebene der sich addierenden und wechselseitig verstärkenden Trends sind Verschlechterungen der Rahmenbedingungen zukünftigen Handelns die Folge. Ohne ökonomische Alternativen oder produktives Land sind verarmte Landbewohner gezwungen, auf der Suche nach einer Ernährungsgrundlage und Brennholz auf marginales Land auszuweichen oder in Städte abzuwandern.

3.1.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Zentrales Element des Kerns des SAHEL-SYNDROM-Beziehungsgeflechts ist die selbstverstärkende Verknüpfung von *Zunahme nationaler und internationaler Disparitäten, Bevölkerungswachstum, Verarmung, Intensivierung* bzw. *Ausweitung der Landwirtschaft* und zunehmender Bodendegradation

(*Fertilitätsverlust, Erosion*). In der Literatur zum GW wird vor allem der Zusammenhang zwischen Armut (bzw. Verarmung), Bevölkerungswachstum, Übernutzung von natürlichen Ressourcen, Umweltdegradation und weiterer Verschlechterung der ökonomischen und sozialen Lage hervorgehoben. Die Interaktion der Symptome führt zu einer wechselseitigen, sich selbstverstärkenden, negativen Beeinträchtigung von Umwelt- und Lebensbedingungen.

Im Syndrommechanismus wird unter *Verarmung* sowohl der Zustand der Armut selbst, als auch der Prozess einer weiteren Verarmung verstanden. Die materiellen und immateriellen Entbehrungen, die von diesem gewöhnlich ausgehen, motiviert Menschen ihre Lebenslage zu verbessern, was in bestimmten Kontexten jedoch nicht-intendierte Folgen haben kann, die syndromverstärkend wirken und damit auch die Lage der Betroffenen langfristig verschlechtern. Der zunehmende Druck auf die natürlichen Ressourcen führt entweder zur Abwanderung aus armen bzw. verarmten Regionen, oder zur *Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion* bzw. zu Flächenausweitungen. Experten und internationale Organisationen, wie z. B die FAO[2], gehen von einer weiteren *Intensivierung der landwirtschaftlichen Aktivitäten* und einer Erhöhung der Produktionsintensität (Arbeit, Kapital, *„know-how“*) aus, um die Erträge weiter zu erhöhen. Formen der *Intensivierung* im Rahmen traditioneller und wenig kapitalintensiver Landwirtschaft stellen die Verkürzung von Brachezeiten, also eine Beschleunigung des Produktionszyklus, oder die Erhöhung des Arbeitskräfteeinsatzes, entweder durch die Verlängerung des Arbeitstages oder durch die Erhöhung der Arbeitskräftezahl pro Fläche, dar. Auch bei wenig kapitalintensiver Landwirtschaft ist es möglich, mit relativ kleinen Schritten bei der Verstärkung des Dünger- bzw. des Technikeinsatzes, z. B. durch Übergang vom Grabstock zum Ochsenpflug, zu einer signifikanten relativen Intensivierung zu kommen. In der Viehwirtschaft stellt die Erhöhung der Besatzdichte eine gängige Form der Intensivierung dar. Ziel der Akteure die Erhöhung von landwirtschaftlichen Erträgen. Im Falle der *Ausweitung der Landwirtschaft* wird dieses Ziel durch die Vergrößerung der Anbaufläche angestrebt. Dabei wird bisher nicht landwirtschaftlich genutzte Fläche in den Produktionsvorgang einbezogen, um die schlechte oder sich weiter verschlechternde Versorgungslage zu verbessern. In ariden und semi-ariden Regionen wird dabei der Ackerbau auf Gebiete ausgedehnt, die für den Regenfeldbau ungünstig sind und oftmals traditionellerweise von nomadischen Viehzüchtern genutzt werden, wodurch oft Nutzungskonflikte um knappe Ressourcen entstehen.

Im Rahmen der *Intensivierung* oder *Ausweitung der Landwirtschaft* nimmt die Anfälligkeit des landwirtschaftlichen Produktionssystems und der von ihm abhängigen Menschen für anthropogene Degradationen sowie für Naturkatastrophen damit zu. Hierbei kommt es oft zu einer Situation, die als *„Allmendeklemme“* (*Tragedy of the Commons*) bekannt ist. Das für das SAHEL-SYNDROM typische Problem besteht in solchen Gebieten meist nicht darin, dass freies Land durch private Nutzer übernutzt wird, sondern dass die traditionellen Regulierungsmechanismen unter Druck geraten und zusammenbrechen. Die beiden Haupttriebkräfte dabei sind die Modernisierung sowie die Politik der Nationalstaaten, die den Gruppen vor Ort sukzessive die Kontrolle über ihre Ressourcen zu entziehen sucht, ohne funktionale Äquivalente für die traditionellen Formen der Nutzungsbeschränkung bereitstellen zu können. Dies geschieht z. B. durch die Unterstellung von Waldgebieten unter zentralstaatliche Kontrolle, die erzwungene Sesshaftmachung von Nomaden oder die Beschränkung ihrer traditionellen Nutzungsgebiete. In diesen Fällen ist die *Tragedy of the Commons,* ein Kernstück des SAHEL-SYNDROM Teufelskreises, ein Produkt staatlicher Politik, also eines *Politikversagens*.

Die *Zunahme nationaler Disparitäten,* also die wachsende Diskrepanz zwischen der sozioökonomischen und politischen Lage verschiedener Bevölkerungsgruppen, spielt als ein weiteres

[2] FAO Food and Agriculture Organisation of the United Nations

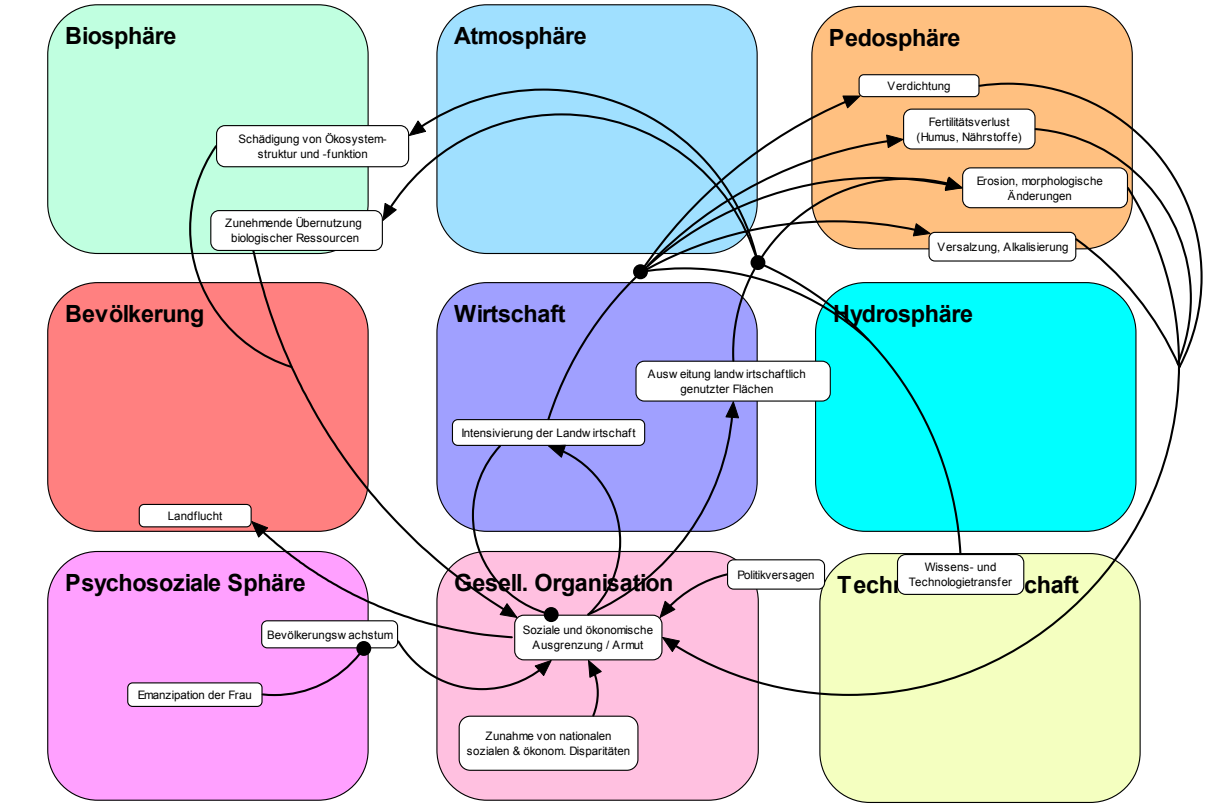
Kernsymptom eine wichtige Rolle. Während *Armut / Verarmung* auf eine absolute Dimension menschlichen Lebens und Handelns zielt, wird hier die relative Lage von Menschen zueinander verstanden. Das wachsende Machtgefälle, dass über die Zugänglichkeit von Ressourcen entscheidet, übt einen zusätzlichen Druck auf arme bzw. ärmere Gruppierungen aus. Im Falle einer Ressourcenverknappung, z. B. bei zunehmenden Bevölkerungsdruck, oder Wachsenden Ansprüchen, setzt ein Verdrängungswettbewerb ein, den die verarmten, machtloseren Gruppierungen tendenziell verlieren. Sie werden auf schlechtere Flächen abgedrängt, müssen mit schlechterem oder weniger Wasser vorlieb nehmen, müssen mit höheren Umweltbelastungen leben etc. Daher führt eine *Zunahme nationaler ökonomischer und politischer Disparitäten* auch unabhängig vom Übernutzungsdruck der *Armut* zu einer *Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche* bzw. zu einer *Erhöhung der Intensität landwirtschaftlicher Produktion*.

Die Zunahme der Kinderzahl stellt eine weitere Handlungsoption armer bzw. verarmender Bevölkerungsgruppen dar, die zu einem verstärkten *Bevölkerungswachstum* führt. Mehr Kinder zu haben bedeutet in diesen Fällen zum einen mehr aktuelle Arbeitskraft für den Anbau, Brennholzsammeln oder Wasserbeschaffung, zum anderen eine Absicherung gegen die Risiken von Krankheit und Alter. Eine größere Familie erweist sich als anpassungs- und überlebensfähiger als eine kleine oder gar als ein einzelnes Individuum. In der Gesamtsicht erhöht allerdings das Wachstum der Bevölkerung den Nutzungsdruck auf natürlichen Ressourcen. Das *Bevölkerungswachstum* kann nicht als exogene Größe in den relevanten Veränderungsprozessen betrachtet werden. Medizinische und hygienische Fortschritte haben dieses Wachstum in den letzten Jahrzehnten deutlich ansteigen lassen. Die Geburtenraten haben sich, folgt man dem Theorem des demographischen Übergangs, dem Rückgang der Mortalitätsraten aus verschiedenen Gründen noch nicht angepasst. Insbesondere die untergeordnete soziale Stellung der Frauen und ihr mangelndes Mitspracherecht bei der Familienplanung verzögert diesen Übergang. Dem entsprechend wirkt weltweit feststellbare verstärkte *Emanzipation der Frau* abschwächend auf das *Bevölkerungswachstum*.

Die *Intensivierung* und *Ausweitung der Landwirtschaft* führen, ohne hinreichende Vorsorgemaßnahme, wie z. B. Erosionsschutz, Einhaltung von Brachezeiten oder angepasste Fruchtfolge, zu einer *verstärkten Erosion* der Böden. Angesichts der Lage und der Kapitalausstattung der syndromtypischen Akteure können diese Vorsorgemaßnahmen meist nicht oder nur kaum ergriffen werden. Die Verkürzung von Brachezeiten etwa reduziert die Regeneration der Böden und erhöht die Rate des Bodenabtrags durch Wind- oder Wassererosion. Dadurch kommt es wiederum zu einer mehr oder weniger schnell eintretenden Verschlechterung der landwirtschaftlichen Erträge. Die anthropogene *Zunahme der Erosionsrate* bedingt eine weitere *Verarmung* bzw. die Fortdauer von Armut. Damit hat sich der syndromtypische Teufelskreis geschlossen und der Übernutzungsdruck nimmt weiter zu.

Als syndromabschwächende Elemente wirken die *Emanzipation der Frau* und die Einführung bodenschonender Bewirtschaftungsformen durch *Wissens- und Technologietransfer.* Die *Emanzipation der Frau* beschreibt Veränderungen der Geschlechterverhältnisse, die zu einer verbesserten wirtschaftlichen, sozialen und politischen Stellung der Frau führen. Die Einführung bodenschonender Bewirtschaftungsformen umfasst neben agrartechnischen Aspekten, wie Agroforstwirtschaft, Leguminosenanbau oder Erosionsschutzmaßnahmen, auch ökonomische, wie verbesserte Kreditchancen für Kleinbauern, sowie politische Maßnahmen, wie eine verbesserte Bildungspolitik für Bauern. Der *Wissens- und Technologietransfer* schwächt bodenzerstörenden Wirkungen landwirtschaftlicher Produktionsveränderungen ab.

Erweiterter Syndromkern: Sahel-Syndrom



3.2 Der Raubbau an natürlichen Ökosystemen - Das RAUBBAU-SYNDROM

3.2.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das RAUBBAU-SYNDROM beschreibt die rasche, bis zur Zerstörung bzw. Ausrottung reichende *Übernutzung nachwachsender Ressourcen* sowie die *Degradation bzw. Vernichtung von Ökosystemen* auf Grund kurzfristiger Nutzungsinteressen. Irreversible *Verluste an Biodiversität* sind die primäre Folge. Verluste für den Menschen treten teils unmittelbar, teils zeitlich versetzt und diffus auf. Von diesem Syndrom sind vor allem die globalen Waldökosysteme betroffen. Die Überweidung von Steppen, die Ausrottung von Tier- und Pflanzenarten oder die Überfischung der Weltmeere sind weitere Beispiele einer nicht-nachhaltigen Naturnutzung, die sich nach dem typischen Muster des RAUBBAU-SYNDROMS vollzieht.

Historische Beispiele aus verschiedenen Regionen und Umweltmedien zeigen die ganze Vielfalt der menschgemachten Naturzerstörung auf. Ein frühes Beispiel ist die Entwaldung des Mittelmeerraums für den Schiffs- und Städtebau in der Antike. Bereits Platon berichtet in seinem Dialog *Kritias* (~350 v. Chr.) über die Entwaldung der attischen Hänge für Siedlungszwecke und Schiffbau, wodurch die Bodenschicht der Wassererosion schutzlos preisgegeben wurde und von einer einst blühenden Landschaft nur noch das *„kahle Gerippe“* übrig blieb. Ein weiteres historisches Beispiel ist der Raubbau an den Wäldern Sachsens zum Ausbau der Erzgruben sowie für die Holzkohlegewinnung zum Betreiben der Schmelzhütten. Die Umgebung der sächsischen Bergbaustädte waren im 17. Jahrhundert durch den Jahrhunderte alten Raubbau weitgehend kahl geschlagen. In der Mitte des 19. Jahrhunderts machten Autoren wie Carl Fraas oder Georg Perkins Marsh speziell auf den Raubbau an Waldressourcen und seine negativen Folgen im Bereich der Bodendegradation aufmerksam.

Die fast vollständige Ausrottung der nordamerikanischen Büffel wegen ihrer Felle im letzten Jahrhundert ist ein Beispiel für eine andere mediale Ausprägung des RAUBBAU-SYNDROMS. Hier wurde der Bestand einer Tierart auf Grund kurzfristiger ökonomischer Interessen in kürzester Zeit bis auf ein Minimum reduziert. Ähnlich führte der bis heute anhaltende industrielle Walfang in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer kritischen Dezimierung der Bestände der meisten Walarten. Noch heute gelten - allen internationalen Schutzabkommen zum Trotz - Wale vielerorts als kurzfristig lukrativ verwertbare, ökonomische Ressource, so dass ihr Fortbestand keineswegs als gesichert gelten kann. Auch der Handel mit einzelnen Tier- und Pflanzenarten hat in einzelnen Fällen zu erheblichen Eingriffen in das jeweilige Ökosystem geführt, weshalb heute ca. 5 000 bedrohte Tier- sowie 25 000 Pflanzenarten durch das *Washingtoner Artenschutzabkommen* (CITES) geschützt werden. Der zum Teil internationale Handel bedient hier oft eng mit Kultur, Lebensweise oder Tradition verbundene, spezifische Bedürfnisse. So erfolgt besonders im südostasiatischen Raum eine starke Dezimierung von Tierarten, wie Tiger oder Nashorn, zur Gewinnung traditioneller Heilmittel. In jüngerer Zeit führt auch die Verwendung von Heilpflanzen für in Europa gebräuchliche Pharmazeutika zu einer ernsthaften Bedrohung einzelner Arten. Der Wunsch nach Luxusgütern triebt nach wie vor den Handel mit Elfenbein, Reptilienhäuten oder Pelzen seltener Raubtiere an. Gemeinsam ist allen Fällen die für das RAUBBAU-SYNDROM typische Priorität kurzfristiger Nutzung ohne Beachtung der, für das Ziel der langfristigen Nutzung notwendigen Regenerationszeiten. Dieses Handlungsmuster führte und führt immer noch zur irreversiblen Ausrottung von Arten.

Negative soziale und ökonomische Folgen für eine Region, in der das RAUBBAU-SYNDROM in der Vergangenheit aktiv war, werden am Beispiel der Philippinen sichtbar. In den 60er und 70er Jahren

des letzten Jahrhunderts gehörte das Land auf Grund einer äußerst exzessiven, nicht-nachhaltigen Forstpolitik zu den vier größten Holzexportnationen der Welt. Innerhalb kürzester Zeit gingen dadurch 90 % der philippinischen Wälder verloren. Das Land wurde gezwungenermaßen zum Holzimporteur und etwa 18 Mio. Menschen, die vorher hauptsächlich in und von den Wäldern lebten, verarmten. Hier zeigt sich deutlich die enge, systemare Verknüpfung von Natur- und Anthroposphäre im RAUBBAU-SYNDROM.

Diese Beispiele verdeutlichen den *Skalenwandel* in der Problematik des RAUBBAU-SYNDROMS. Waren die Folgen früher eher auf kleinere Naturräume beschränkt und hatten primär regional begrenzten Charakter, so sind sie heute oft, wie im Falle der Überfischung und der Entwaldung, von globalem Charakter. Selbst wenn die Verluste für zukünftige Generationen nicht berücksichtigt werden und damit der Gedanke einer intergenerationellen Gerechtigkeit außer Acht gelassen wird, ist heute bereits ein wesentlich größerer Anteil der Menschheit mit den Folgen des Raubbaus an Naturressourcen konfrontiert als in den historischen Beispielen des Syndroms.

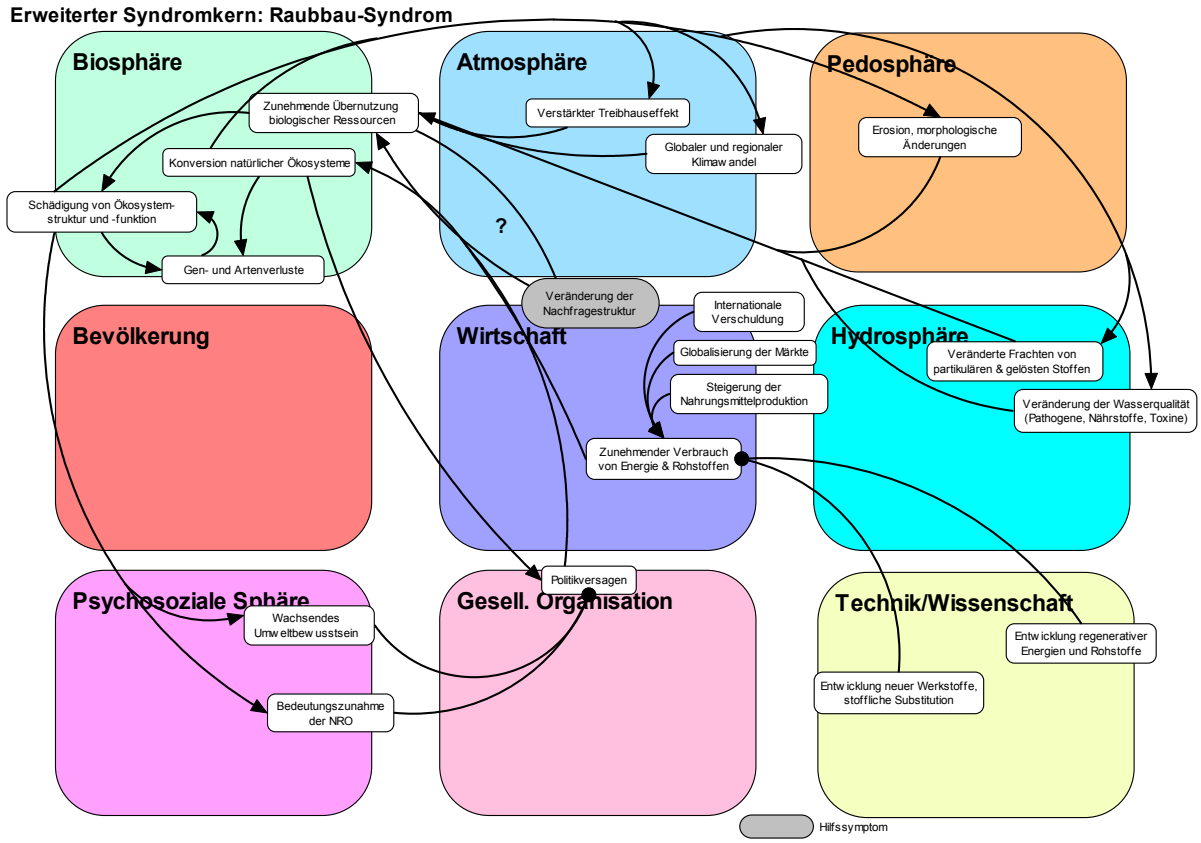
3.2.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Im Kern besteht die Problematik des RAUBBAU-SYNDROMS in der zeitlichen Diskrepanz von menschlicher Nutzung und natürlichem (Nach-)Wachsen der Ressource. Die charakteristischen Prozesse auf naturräumlicher Ebene sind einerseits durch die Wirkung der *Übernutzung biologischer Ressourcen* auf die *Schädigung* bzw. *Konversion des Ökosystems* gekennzeichnet. Andererseits gibt es direkte und indirekte Schäden in weiteren Umweltbereichen: *Bodenverdichtung* oder *Veränderung der lokalen Wasserbilanz* sind Beispiele dafür. Auf Grund der Verknüpfungen der Biosphäre verstärken solche Schäden wiederum Konversions- und Degradationstendenzen.

Die Ressourcenentnahme erfolgt in einem Ausmaß, welches die Reproduktionsfähigkeit des Systems übersteigt, was im Extremfall mit der Ausrottung von Arten oder Ökosystemen einhergehen und teilweise die naturräumliche Grundlage für das Wiedererstehen der betroffenen Ökosysteme vernichtet. Verstärkend für die Schädigung wirkt die weitere Ausbreitung des Syndroms gerade auf Grund seines jeweils konzentrierten lokalen und regionalen Auftretens und Erschöpfens. Dieser Prozess kann als Diffusionsprozess in Form des Abbrennens einer Wunderkerze angesehen werden: Wenn die ökonomisch attraktive Ressource in Region A gemäß den Zielvorstellungen der Akteure verbraucht ist, dann diffundiert bei Fortdauer der allgemeinen Rahmenbedingungen das Syndrom mit hoher Wahrscheinlichkeit in die Nachbarregion B, die bislang weniger rentabel bzw. erreichbar war, es nun aber auf Grund des Syndromablaufs in der Region A geworden ist. Beispiele für diesen Ablauf lassen sich etwa hinsichtlich der charakteristischen, landschaftsökologischen Strukturen des selektiven Einschlags von Tropenhölzern in Brasilien finden, oder in dem Artenwechsel von immer seltener werdenden Nahrungsfischen hin zur Nutzung ehemalig nicht als Nahrungsfische genutzten Arten. Für hinreichend kapitalkräftige Unternehmen in einem halbwegs lukrativen Marktumfeld kann der Begriff „Nachbarregion“ tendenziell jeden Ort der Erde meinen, wie am Beispiel der Expansion malaiischer Holzeinschlagsfirmen nach Südamerika gezeigt wurde. Koreanische, japanische, amerikanische und kanadische Holzkonzerne operieren ebenfalls als solche „*global player*“.

Die wesentliche anthropogene Triebkraft ist die auf kurzfristige Gewinnmaximierung ausgerichtete Ressourcennutzung durch lokale, nationale und oft auch multinationale Akteure. Diese Praxis der vernichtenden Nutzung von Naturressourcen wird oft durch den Staat toleriert oder aktiv unterstützt: Vermeintliche und tatsächliche Vorteile durch diese Art der Nutzung, z. B. die Entstehung von Einkommen, Beschäftigung, Steueraufkommen und Devisen einerseits sowie offensichtliches *Politikversagen*, z. B. Korruption, fehlende Mittel für Verwaltung und Exekutive oder unzureichende Infrastrukturausstattung andererseits, veranlassen nationale Regierungen typischerweise sogar zu

einer begünstigenden Politik durch Gewährung von Subventionen oder Steuervorteilen. Die Korruption und Beeinflussung der lokalen und nationalen politische Entscheidungsträger ist mitverantwortlich für die mangelhafte Einhaltung bestehender Schutzvorschriften. Die *Übernutzung* wird durch das *Politikversagen* nicht nur gefördert, sie verstärkt auch umgekehrt wieder dieses antreibende Symptom diesem Zusammenhang sind Korruption und die Bedeutung der Holz- oder Fischerei-Lobby wichtig. In beiden Fällen haben soziale Akteure, die von der aktiven Übernutzung in der Vergangenheit profitiert haben, ein bedeutsames Maß an ökonomischem, sozialem und politischem Kapital angesammelt, um auf Regierungen entsprechenden Druck bei Konzessionsvergabe, Gesetzgebungs- oder -auslegungspraxis auszuüben, was wiederum einen zukünftigen Raubbau begünstigt. Im Rahmen des Syndromkerns erfährt das Verhalten des politischen Systems, sich syndromverschärfend zu verhalten, erst dann eine Abschwächung, wenn die Schädigung von Funktion und Bestand der Ressource den Stand erreicht, an dem sich keine weiteren Einkünfte mehr erzielen lassen oder es in Folge der *Schädigung von Ökosystemstruktur und -funktion* auch vermehrt zu einem *Wachsenden Umweltbewusstsein* in der lokalen und internationalen Bevölkerung kommt. Zusammen mit einer verstärkten *Bedeutungszunahme von Nichtregierungsorganisationen (NRO)* kann dies einen positiven ressourcenerhaltenden Einfluss auf die politischen Entscheidungsträger haben und somit zu einer Abschwächung des *Politikversagens* führen. In dieser Schere von ökonomisch getriebener Verstärkung von *Politikversagen* und der ökologisch motivierten Abschwächung des Symptoms liegt die Möglichkeiten den Syndrommechanismus positiv zu beeinflussen und in nachhaltigere Verlaufsformen zu lenken.



3.3 Die Umweltdegradation durch Preisgabe traditioneller Landnutzungsformen - Das LANDFLUCHT-SYNDROM

3.3.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das LANDFLUCHT-SYNDROM beschreibt Umweltdegradationen, die durch Aufgabe ehemals nachhaltiger Landnutzung verursacht werden. Die traditionellen Bewirtschaftungsmethoden lassen sich oft nur mit einem hohem Aufwand an manueller Arbeit aufrechterhalten. Arbeitsintensive, kleinparzellierte Bodenpflegemaßnahmen wie z.B. die Erhaltung terrassierter Hänge, aufwendige kleinräumige Bewässerung oder Maßnahmen gegen Winderosion werden veränderten sozioökonomischen Rahmenbedingungen zunehmend unrentabel. Der Grund ist oftmals die Abwanderung der jüngeren, männlichen Bevölkerung in urbane Zentren (siehe FAVELA-SYNDROM, KLEINE-TIGER-SYNDROM), wo wirtschaftlich attraktivere Lohnarbeit, bessere Bildungschancen und allgemein ein weniger „provinzielles“ Leben gesucht werden. Die zurückbleibenden Frauen, Kinder und Alten sind mit der Aufrechterhaltung der arbeitsintensiven Bewirtschaftung überfordert. Folgen der Extensivierungstendenzen in der Bodenbearbeitung und der damit verbundenen Vernachlässigung von Schutz- und Pflegemaßnahmen sind *Erosion* (oft verstärkt durch übermäßigen Holzeinschlag auf steilen Hangflächen), der Abgang von Muren oder Bergstürze. Durch diese Prozesse geht fruchtbares Ackerland verloren, Versorgungs- und Kommunikationsnetzwerke werden unterbrochen oder zerstört. In anderen Regionen kann durch Vernachlässigen der Schutzmaßnahmen die Winderosion drastisch zunehmen. Mit dem *LANDFLUCHT-SYNDROM* geht eine Schwächung der Subsistenzbasis von Kleinbauern in Entwicklungs- und Schwellenländern einher. Die Abhängigkeit von externen Waren- und Gütertransfers sowie den Unterstützungszahlungen der abgewanderten Arbeitskräfte nimmt über die Zeit drastisch zu. Beispielhaft kann dieser Mechanismus im Verlauf des Huang He (Gelber Fluss) durch das Lößplateau der chinesischen Provinz Shaanxi, Länge 5.500 km) oder auch im nordpakistanischen Karakorum Gebirge beobachtet werden. Durch die Erschließung der einstmals abgeschlossenen Region nahmen die externen Güter- und Warenströme stark zu. Zunehmende Bildungschancen für die Kinder sowie saisonale und permanente Arbeitsmigration der Männer in die urbanen Zentren, führten zu einer Vernachlässigung der vormals sehr intensiven Bodenbewirtschaftung. Modernisierungsprozesse in der Landwirtschaft (partielle Mechanisierung, z.B. der Erntearbeiten) konnten den Arbeitskräfteabbau indes nur teilweise kompensieren, so dass sowohl das bewirtschaftete Kulturland als auch Flächenproduktivität zurückgingen. Das Resultat ist eine starke Schwächung der Subsistenzbasis der Agrarproduzenten und eine stark reduzierte Lebenserwartung der zurückgebliebenen Frauen, die neben ihren anderen Tätigkeiten nun auch noch den Ressourcenerhalt sichern mussten. Im Extremfall kam es im Karakorum in Zusammenhang mit Bergstürzen, vermehrter Lawinentätigkeit zu Flurwüstungen, d.h. der Aufgabe ehemals ertragreicher Anbauregionen und der Abwanderung ganzer Dorfgemeinschaften. Ähnliche Prozesse spielen sich auch bei extrem arbeitsaufwendigem Nassreis-Terrassenbau auf steilen Hängen (z.B. in Nord-Luzon, Philippinen) und an den fruchtbaren Hängen des Kilimandscharo ab.

3.3.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

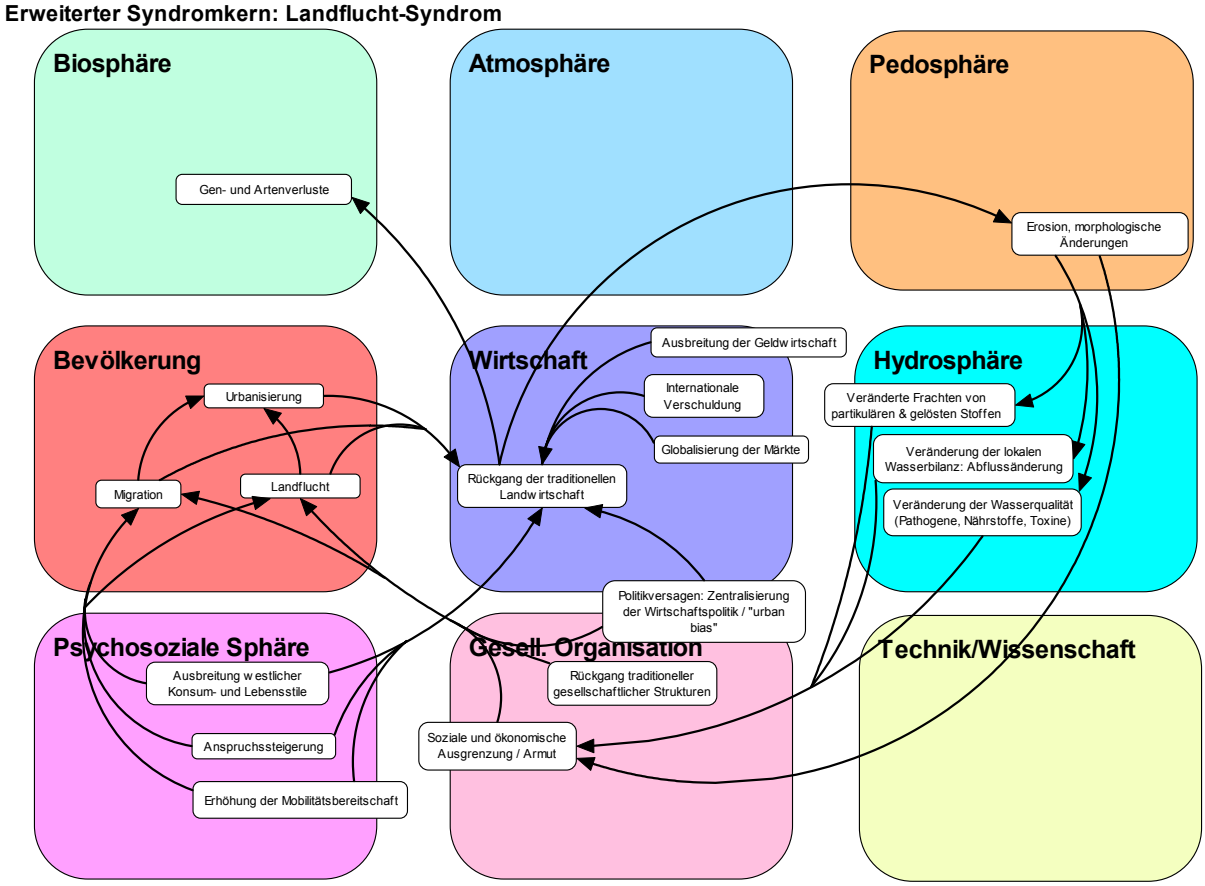
Zentrales Element des Syndrommechanismus ist der *Zusammenbruch der traditionellen Landwirtschaft*. Eine der wichtigsten diesen Trend antreibenden Entwicklungen aus dem sozioökonomischen Bereich ist die Kommerzialisierung durch die *Ausbreitung der Markwirtschaft*. Zur Befriedigung der wachsende *Anspruchsteigerung* sind Akteure gezwungen ein monetäres Einkommen zu erwirtschaften was eine *Landflucht* mit *Migration* in die urbanen Zentren (*Urbanisation*) nach sich zieht. Im Zuge einer verstärkten *Globalisierun*g auch von Wertesystemen kann dies einerseits die

Anspruchssteigerung verstärken, andererseits aber auch eine Migration in entferntere Zentren mit besseren Einkommensmöglichkeiten erst ermöglichen. Durch den resultierenden Ausfall der traditionell erwirtschafteten Güter kommt es zu einer verstärkten Abhängigkeit von externen Waren- und Gütertransfers sowie von Unterstützungszahlungen der abgewanderten Arbeitskräfte. Oftmals ist eine intern gesteuerte Anreizpolitik (*Politikversagen*), ein „urban bias“ und die *Zentralisierung der Wirtschaftpolitik* maßgebliche Motivationsgründe für den ländlichen Regionen. Einerseits treibt die *Internationale Verschuldung* diese Politik an, da in den urbanen Zentren ein höheres Bruttosozialprodukt erwirtschaftet werden kann, andererseits erhöhen die negativen Folgen der Landflucht mittel- bis langfristig oft die Verschuldung.

Durch die Umverteilung der traditionellen, auf den Ressourcenerhalt ausgerichteten Arbeitslast von der Gruppe der wegziehenden Männer hin zu den vor-Ort verbleibenden Frauen und älteren Bevölkerungsgruppen erhöht die *Gesundheitsbelastung* dieser stark überbeanspruchten Bevölkerungsgruppen. Die Lebenserwartung vor allem der zurückbleibenden Frauen ist stark reduziert.

Die Umweltauswirkungen der *Aufgabe der traditionellen Landwirtschaft* sind vielfältig und reichen im Bereich der Pedosphäre von *Erosionserscheinungen* und *Fertilitätsverlusten*, über den *Verlust der Artenvielfalt* in den betroffenen Ökosystemen, bis hin zu Auswirkungen in der Hydrosphäre wie *Wasserverschmutzung* oder *Abflussänderungen* bis hin zu *Störungen der Sedimentdynamik* von Fliessgewässern. Diese verschiedenen Formen der Ressourcendegradation führt in vielen Fällen zur Verstärkung der *sozialen und ökonomischen Marginalisierung* der Landbevölkerung bis hin zur völligen Aufgabe der ländlichen Anbauregionen und zur weiteren Abwanderung in die urbanen Zentren.

Erweiterter Syndromkern: Landflucht-Syndrom



3.4 Die nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern - Das DUST BOWL-SYNDROM

3.4.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Dieses Syndrom ist definiert als die nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern. Es beschreibt die naturräumlichen Folgen einer industrialisierten Landwirtschaft, die sich im Rahmen der Entwicklung nationaler und internationaler Märkte herausgebildet hat. Hier wird der Ursachenkomplex von Umweltschädigungen durch die nicht-nachhaltige Nutzung von Böden oder Gewässern als Produktionsfaktoren für Biomasse, welche unter hohem Energie-, Kapital- und Technikeinsatz erfolgen, angesprochen. Diese Form der Landwirtschaft ist gekennzeichnet durch das Streben nach größtmöglichem Flächenertrag. Häufig werden diesem kommerziellen Ziel die mittel- und langfristig wichtigen Umweltaspekte untergeordnet, die aber auch entscheidend für den langfristigen Erhalt der Produktionsgrundlage sein können. Im Allgemeinen bilden Hochertragssorten, Agrochemikalien und Mechanisierung die Grundlage für die moderne industrielle Biomasseproduktion. Kennzeichnend für solche Agrarsysteme sind hochtechnisierte und automatisierte Betriebe mit meist nur wenigen Beschäftigten wie in der Massentierhaltung oder modernen Bewässerungssystemen. Typisch für das Syndrom ist die Dominanz der nationalen bzw. regionalen Landwirtschaftspolitik durch die internationalen Märkte. Im Fall von Entwicklungsländern tritt oft eine Kontrolle von lokalem Anbau und internationalem Marktpreis durch die von den entwickelten Ländern des Nordens dominierten globalen Absatzmärkte auf. Bei der nicht-nachhaltigen Wirtschaftsweise und auf Grund der relativ großflächigen Verbreitung dieses Syndroms ergeben sich weitreichende Folgen für die Ökosphäre. Beträchtliche Umweltschäden wie die Konversion von Primärwäldern, der Verlust von Ökosystem- und Artenvielfalt, die genetische Erosion, die Freisetzung von CO_2, Bodendegradation, die Belastung des Grundwassers mit Pestiziden und Nährstoffen, die Eutrophierung der Oberflächengewässer, die Übernutzung fossiler Grundwasserressourcen sowie die Veränderung der Abflussverhältnisse und der Grundwasserneubildung, treten auf. Das DUST-BOWL-SYNDROM umfasst auch ähnlich motivierte Formen der Forstwirtschaft, wie z. B. Kahlschlag und die nachfolgend Pflanzung schnell wachsender Monokulturen ohne Rücksicht auf Verluste an Bodenqualität oder Biodiversität, oder Formen der Aquakultur, wie z. B. Lachsfarmen, in denen Eutrophierung und Zerstörung von Küstenökosystemen, als schwere Umweltfolgen auftreten

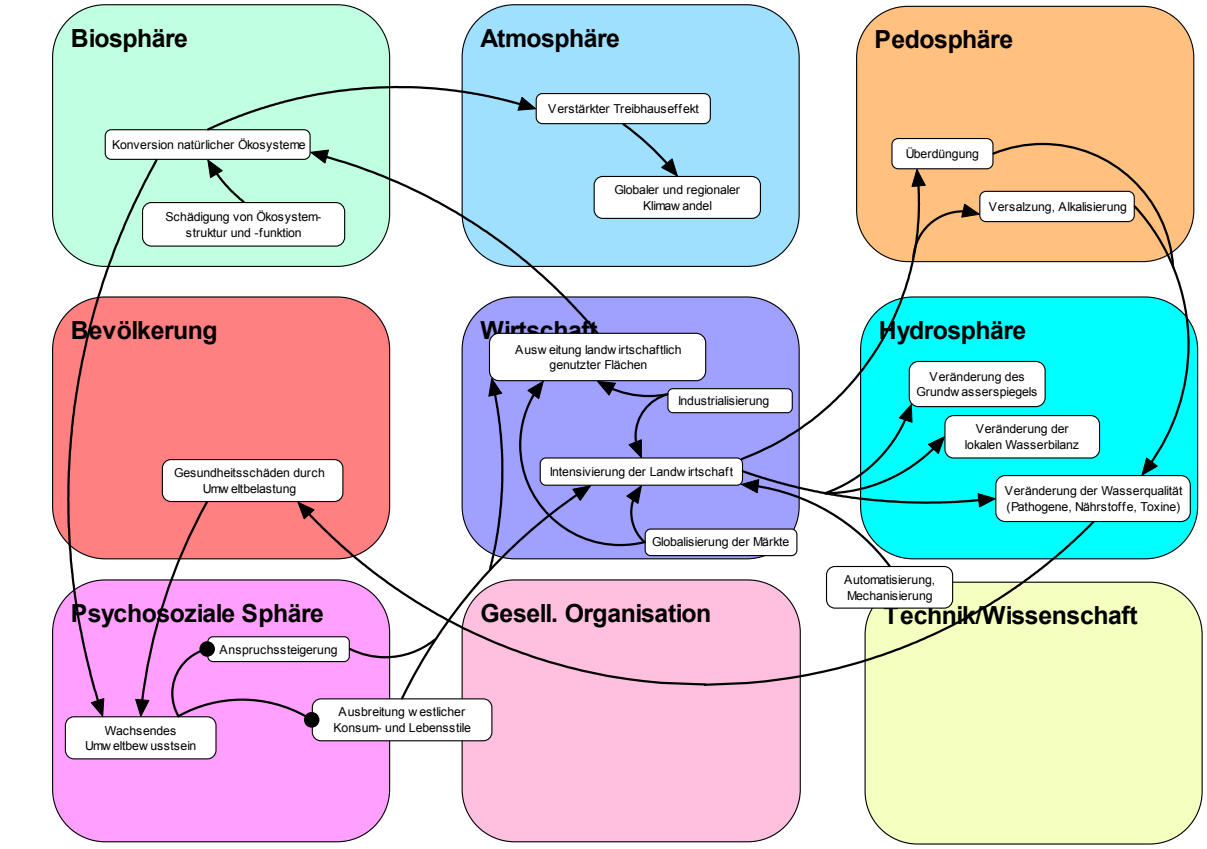
3.4.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Die *Intensivierung der Landwirtschaft* steht im Zentrum des Syndroms, gefördert durch technologische Innovation (z. B. *Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie*, *neue Werkstoffe und Prozesse*) mit erheblicher *Steigerung der Arbeitsproduktivität*. Der Wettbewerb um die *globalisierten Märkte*, angetrieben durch die *steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln* überhaupt (*Bevölkerungswachstum*) und nach höherwertigen Agrarprodukten (Fleisch, Genussmittel; Anspruchsteigerung), erzeugt Druck auf weitere Produktions- und Produktivitätssteigerungen. Gleichzeitig ist vor allem in Industrieländern eine starke *Marktverzerrung* durch hohe Preissubventionierung zu beobachten. Ein zentralisiertes und durch effektiven Lobbyismus geprägtes gesellschaftspolitisches Umfeld (*Politikversagen*) behindern die Internalisierung der Umweltwirkungen und die weitere Öffnung der Märkte für Importe. Zunehmende *internationale Verschuldung* bildet vor allem in Entwicklungsländern eine Triebkraft, das benötigte Kapital durch Export von cash crops zu erwirtschaften.

Die Umweltwirkungen sind je nach Ausprägung (terrestrisch, Aquakultur) unterschiedlich. Wichtigstes Symptom ist die *Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche* (auch für Aquakultur), die auf Kosten natürlicher Ökosysteme (*Konversion* mit allen Folgen für die Ökologie) und der *traditionellen Landwirtschaft* (mit allen Folgen für die Gesellschaft) erfolgt. Bei industrieller Land- und Forstwirtschaft sind häufig Bodendegradation in verschiedener Ausprägung (*Fertilitätsverlust*, *Erosion* usw.) die Folge, in der Hydrosphäre kommt es zu Wasserverunreinigungen (Düngemittel, Pestizide) und -knappheit (Bewässerung). Besonders nichtnachhaltig betriebene Bewässerungslandwirtschaft kann in einen Teufelskreis hinein geraten, wenn durch *Versalzung der Böden* der Expansionsdruck steigt (WBGU, 1994). Eine andere negative Rückkopplung bildet der *Verlust von Gen- und Artenvielfalt*, der durch *Konversion natürlicher Ökosysteme* und das *Zurückdrängen der traditionellen Landwirtschaft* verursacht wird und seinerseits die genetische Basis für die Weiterentwicklung von neuen Nutzpflanzensorten schmälert.

Allerdings wurde durch die BSE-Krise in vielen Industrieländern ein Schub in Richtung Überdenken der Agrarpolitik ausgelöst. In manchen Regionen kommt es mittlerweile zu *wachsendem Gesundheits- und Umweltbewusstsein* bei den Käufer, was zu einer teilweisen Abkehr von der industriellen Vieh- und Landwirtschaft und einer Ausbreitung ökologischer Anbau- und Tierhaltungsformen führt.

Erweiterter Syndromkern: Dust-Bowl-Syndrom



3.5 Die Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen - Das KATANGA-SYNDROM

3.5.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Dieses Muster ist eng mit Bergbau und Prospektion verbunden und beschreibt die Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen und gehört somit zu einem der ältesten Schädigungsmuster. Der Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen über- und untertage gehört seit der Eisenzeit zu den typischen wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen, die lokal und regional zu Ökosystemzerstörungen führte. Der Name des Syndroms leitet sich von der Beispielregion für den Syndrommechanismus ab, der Provinz Katanga im Südosten der Demokratischen Republik Kongo. Diese Region gilt als eines der reichsten Bergbaugebiete der Erde mit umfangreichen Vorkommen von Kupfer, Kobalt, Zinn, Uran, Mangan und Steinkohle. Die überwiegend im Tagebau erfolgende Exploitation dieser Bodenschätze führt zu einer größtenteils unwiederbringlichen Zerstörung der beteiligten Ökosysteme. Beispiele für das Auftreten dieses Syndroms sind weit verbreitet, vor allem in jenen Regionen in denen Kohle und Erze im Tagebau abgebaut werden. Es sind unter anderem hier der Braunkohleabbau in der Niederlausitz oder der Kohletagebau in den östlichen USA (Appalachen) zu nennen. Weitere Beispiele sind Zentren des Erzabbaus wie Carajás im brasilianischen Bundesstaat Pará (Eisenerz, Aluminium), Bougainville in Papua-Neuguinea (Kupfer) und Bingham Canyon in Utah, USA (Kupfer). Im Allgemeinen erfolgt der Bergbau zwar meist nur temporär über einige Jahrzehnte hinweg, allerdings hinterlässt er fast überall dauerhafte, zum Teil irreversible Schäden an der Umwelt. Diese Maßnahmen zur Gewinnung von nicht erneuerbaren Rohstoffen (Kohle Öl, Gas, Edelsteine, Erze etc.) tragen in geringerem Ausmaß auch zur weltweiten Waldvernichtung bei. Einerseits wird der „störende“ Wald über den Rohstoffquellen einfach abgeräumt, wobei der möglicherweise erzielte Gewinn aus dem Holzverkauf teilweise noch als ein Nebenprodukt in der ökonomischen Rechnung der Firmen erscheint, und das Ökosystem somit völlig zerstört. Andererseits schlägt auch in diesem Muster die infrastrukturelle Erschließung in einem ähnlichen Ausmaß wie beim ARAL-SEE-SYNDROM durch. Auch hier kommt es vor allem in Entwicklungsländern mit einem hohen Anteil an verarmter, chancenloser Landbevölkerung, zu einer ungeregelten landwirtschaftlichen Nutzung der für den Rohstoffabbau erschlossenen Regionen. Da dies auch meist auf marginalen Standorten in tropischen Waldregionen stattfindet, fungiert dieses Muster auch als eine Exposition für das SAHEL- und DUST-BOWL-SYNDROM.

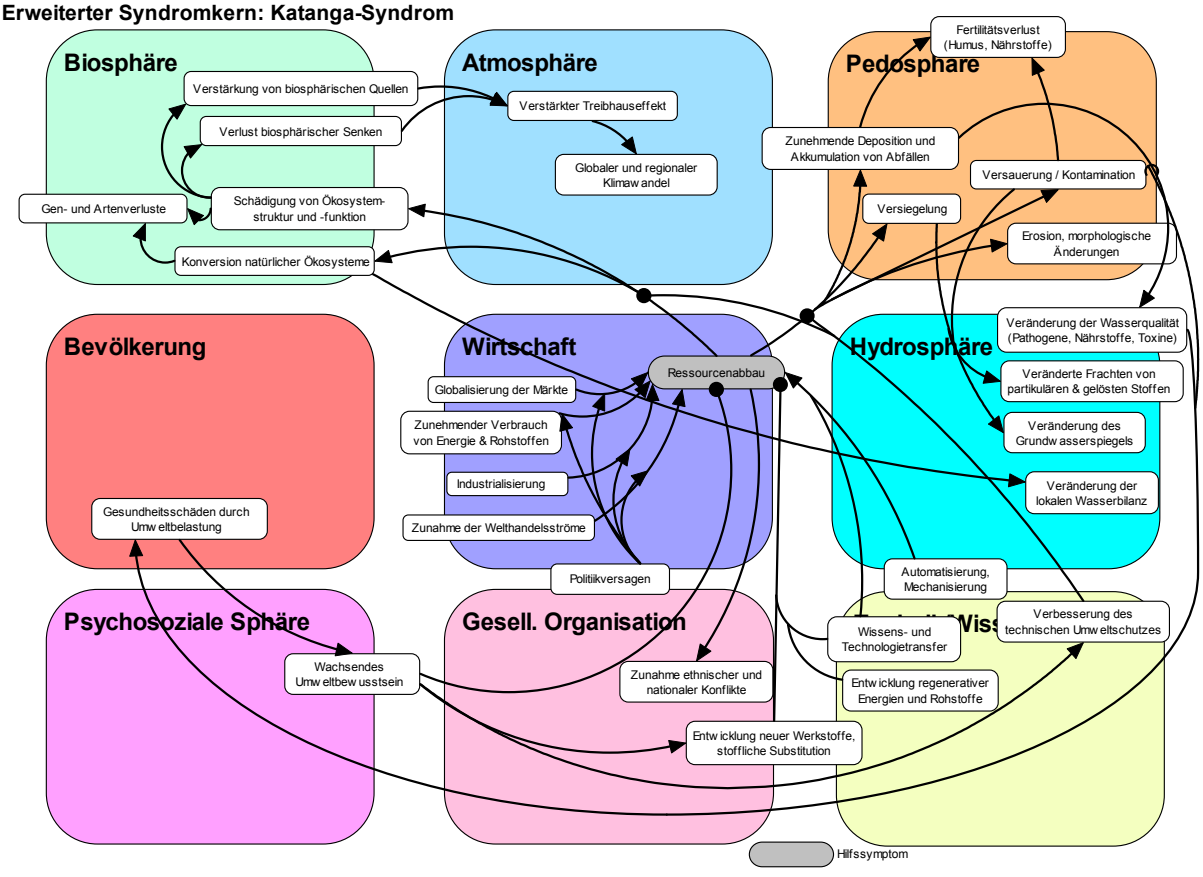
3.5.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Der Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen erfolgt zwar meist nur temporär (Größenordnung Jahrzehnte), doch hinterlässt er in vielen Fällen dauerhafte, zum Teil irreversible Umweltschäden. Es lassen sich dabei zwei Erscheinungsformen unterscheiden: zum einen hat der Abbau sehr großer Rohstoffmengen (vor allem beim Tagebau) morphologische Konsequenzen und führt zu Setzungserscheinungen der Landoberfläche durch die Verschiebungen von großen Materialmassen. Dies wiederum hat erhebliche Auswirkungen auf hydrologische Prozesse wie den *Oberflächenabfluss*, die *Sedimentbelastung von Flüssen* und den *Grundwasserspiegel*, aber auch auf die *Bodenerosion*. Zum zweiten entstehen Umweltfolgen durch Freisetzung und *Akkumulation toxischer Stoffe* (z.B. Schwermetalle und Radionukleide). Beide Mechanismen führen zur großflächigen *Zerstörung natürlicher Ökosysteme* und kulturfähiger Böden (*Fertilisationsverlust*). Die negativen Folgen für die lokale Bevölkerung reichen von schweren Gesundheitsschäden bis hin zu Vertreibung oder Zwangsumsiedlung.

Neben dem oben beschriebenen Muster der ökologischen Folgen ist für das Katanga-Syndrom eine starke Abhängigkeit von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Determinanten charakteristisch (WBGU 1994). Insbesondere in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern werden mangels Kapital veraltete Fördertechnologien eingesetzt und fehlen oft Umweltschutzstandards. Die *Verschuldung* der Länder und die teilweise erhebliche Abhängigkeit ihrer Wirtschaften von Exporterlösen und Auslandsinvestitionen verschärfen das Problem. Oft haben diese Länder ihre gesamte Wirtschaft einseitig auf Förderung und Export von Rohstoffen ausgerichtet. Oft sind staatliche Großkonzerne, die mit der Ausbeutung der heimischen Rohstoffe beauftragt sind, wesentlicher Bestandteil dieser „wirtschaftlichen Monokulturen“. Ihr Selbsterhaltungswille hemmt oft das Aufbrechen der Strukturen und Fehlanreizsysteme, eine Form des *Politikversagens*. Die so gekennzeichneten Ökonomien sind im Rahmen der *Globalisierung der Märkte* besonders stark schwankenden Weltmarktpreisen und auch ausländischen Großkonzernen unterworfen. Auf Grund ihres *Zunehmenden Verbrauchs von Energie und Rohstoffen* (vor allem nach Primärenergieträgern) haben die Industrienationen ihrerseits geringes Interesse an der Diversifizierung dieser Länder (Pfadabhängigkeit). Sind die Ressourcen erschöpft oder können Sie nicht mehr zu wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden, droht sogar die Verarmung ganzer Regionen und Länder. Aus diesen Gründen besitzt das KATANGA-SYNDROM insgesamt eine ausgeprägte Entwicklungsdimension (geopolitische Dimension).

Ähnliche Muster können aber auch in strukturschwachen Regionen industrialisierter Staaten gefunden werden, deren Wirtschaft sich besonders auf den Abbau nicht-erneuerbarer Rohstoffe stützt. Ein weiteres Moment stellt in diesen Staaten das Interesse dar, die eigene Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern (Versorgungssicherheit). Allerdings führen ein *wachsendes Umweltbewusstsein* zu höheren Umweltschutzstandards und Auflagen z.B. zur Renaturierung von Tagebaugebieten in Industrieländern, was in insgesamt wesentlich kleineren Umweltschäden des Ressourcenabbaus resultiert.

Erweiterter Syndromkern: Katanga-Syndrom



3.6 Die Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke - Das MASSENTOURISMUS-SYNDROM

3.6.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das MASSENTOURISMUS-SYNDROM beschreibt die Sozial- und Umweltschäden infolge der stetigen Zunahme des globalen Tourismus in den letzten Jahrzehnten. Brennpunkte sind dabei neben Küstengebieten vor allem die fragilen Bergregionen. Dort kommt es infolge von Skisport und Trekking zur Zerstörung oder Beeinträchtigung der Pflanzendecke und der Baumvegetation, was in Verbindung mit starker mechanischer Belastung und anderen Eingriffen in den Naturhaushalt (Planierung, Geländekorrekturen, Schneekanonen) zum Verlust biologischer Vielfalt sowie zu Bodenerosion führt. Damit steigt auch die Gefahr von Erdrutschen bzw. Lawinen stark an. Im Rahmen des Massentourismus kommt es u.a. zu *Konversion* von naturnahen Flächen durch den Bau touristischer Infrastruktur (Hotels, Ferienhäuser, Verkehrswege) und *Schädigung bzw. Verlust von empfindlichen Berg- und Küstenökosystemen* (z.B. Dünenlandschaften, Salzwiesen). Die stark zunehmende Anzahl von Flugfernreisen in den letzten Jahren trägt zur Belastung der Atmosphäre durch Luftschadstoffeinträge bei. In den betroffenen Gebieten kommt es – insbesondere auf Inseln – zu einem stark erhöhten Bedarf an Süßwasser (swimming pools, hoher Wasserbedarf der Touristen). Typische Folgen sind Übernutzungsprobleme bei Süßwasserressourcen mit der langfristigen Folge der Zerstörung der eigenen Grundlagen durch *Grundwasserabsenkung, Bodenaustrocknung* und *Erosion*. Die starke, oft saisonal unterschiedliche Belastung der Tourismusgebiete bringt besondere Probleme bei der Abwasserbehandlung mit sich, Kontamination und Eutrophierung von Oberflächengewässern oder Küstenökosystemen können die Folge sein. Zusätzlich wird das steigende Abfallaufkommen zum Problem. Unmittelbar induziert wird das wachsende Tourismusaufkommen durch steigende Einkommen in den Industrieländern und sinkende Transportkosten, bei gleichzeitig sinkenden Arbeitszeiten und insgesamt verändertem Freizeitverhalten. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die zunehmend leichte Erreichbarkeit fast aller Reiseziele, nicht nur durch den Ausbau der Infrastruktur, sondern auch im Sinne einer subjektiv als problemlos empfundenen Überwindung selbst größter Distanzen. Darüber hinaus ist ein ganzes Bündel an psychologisch motivierten Ursachen identifizierbar (gesteigertes Bedürfnis nach Erholung durch erhöhte Lärm- und Umweltbelastung der Städte, Fernreisen als Statussymbol, gestiegenes Bildungsniveau und damit vermehrtes Interesse an fremden Kulturen, Entdeckung neuer Reiseziele etc.). Der Mensch zerstört somit an den Urlaubsorten gerade das, was er sucht: die unberührte Natur. Das führt oft dazu, dass wegen der oben beschriebenen Auswirkungen des Tourismus vermehrt andere, unberührte Reiseziele gewählt werden, wodurch das Syndrom aufgrund seiner Eigendynamik zunehmend auch an anderen Orten auftritt (Diffusionseffekt). Typische Beispiele sind die Zersiedlung von ehemals naturnahen Gebieten in Spanien (Costa del Sol, Lanzarote) oder die Folgen des Trekkingtourismus in Nepal.

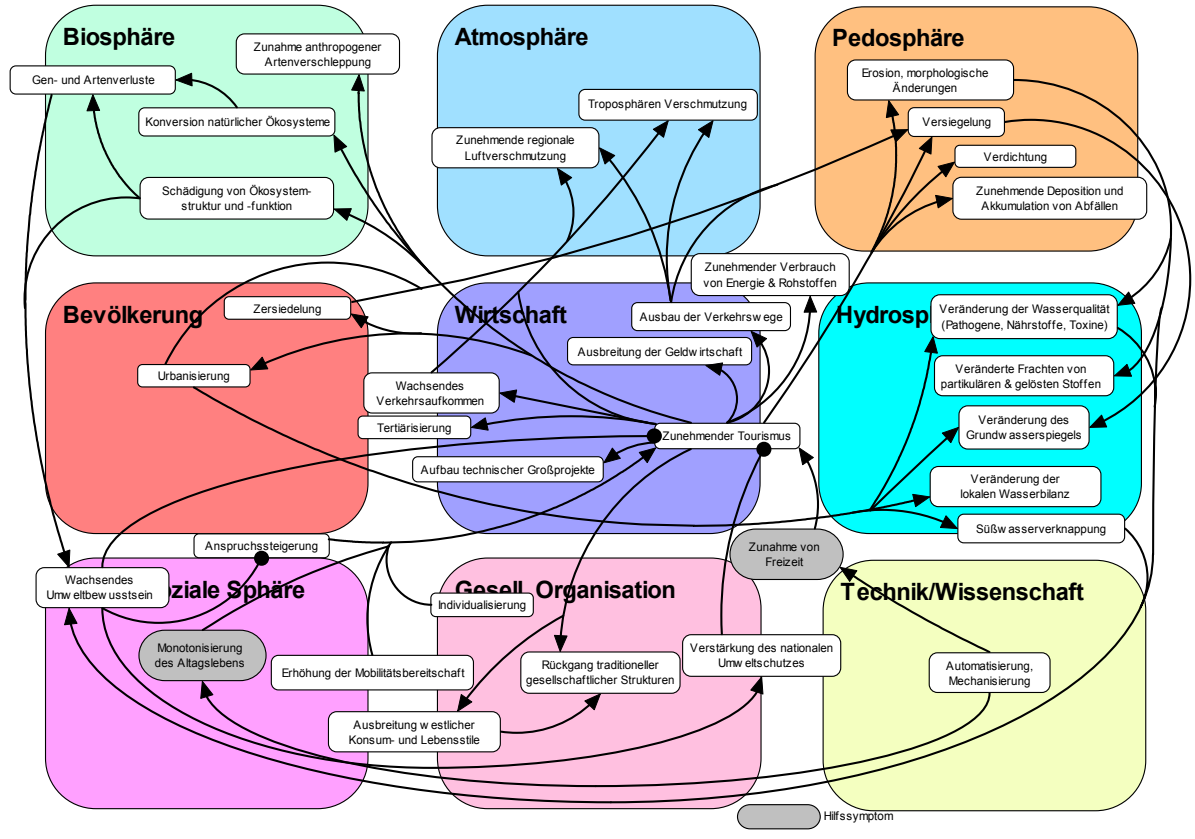
3.6.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Gerade in Entwicklungsländern, deren Umwelt- und Sozialstandards es häufig nicht ermöglichen, die mit dem Tourismus verbundenen Probleme und Schäden in den Griff zu bekommen bzw. zu vermeiden, bleibt dieser Prozess nicht ohne Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft. Der wachsende Flächenverbrauch für touristische Infrastruktur führt zu einer *Zersiedelung* der Landschaft, die in Strand- und Küstennähe besonders deutlich wird. Hotelkomplexe zerstören gewachsene Natur- und Kulturlandschaften und fördern die *Urbanisierung* der zersiedelten Landschaft – ein Teufelskreis, da

im Anschluss oft eine Ausweitung des Tourismus in bisher unberührte Gebiete erfolgt (WBGU, 1996). Dieser zunehmende Verbrauch von Land bleibt nicht ohne Folgen für Mensch und Umwelt:

Im Bereich der Biosphäre bewirkt der *Ausbau der Verkehrswege* und der sonstigen touristischen Infrastruktur die *Fragmentierung* und *Konversion* natürlicher und naturnaher Ökosysteme, die in der Folge in ihrer *Struktur und Funktion* beeinträchtigt werden und der Gefahr eines *Gen- und Artenverlusts* ausgesetzt sind. Häufig kommt es zu einer Degradation gerade derjenigen Ökosysteme, die besonders labil sind (z.B. Feuchtgebiete, Korallenriffe, tropische Regenwälder) oder als Ökotone einen besonderen Artenreichtum aufweisen (Berggipfel und –hänge, Fluss- und Seeufer, Sandstrände). Durch den Tourismus kommt es aber auch zu einer *Zunahme anthropogener Artenverschleppung*, die zu verheerenden Folgen für einheimische Arten führen kann. Es treten in Rahmen des Massentourismus aber auch verschiedene Bodenschädigungen auf. Neben der zunehmenden und oft unkontrollierten *Deposition von Abfällen* tritt an vielen Stellen eine *Bodenverdichtung* durch Wanderwege und Trampelpfade auf. Vor allem in Bergregionen wird die Pflanzendecke durch Touristen, die abseits der Wege wandern, zerstört, so dass der dadurch ungeschützte Boden einer verstärkten *Erosion* ausgesetzt ist. Durch Zufahrtsstraßen und touristische Infrastruktur werden an vielen Stellen Böden versiegelt. Die *Bodenversiegelung* wirkt sich auf den Wasserhaushalt der betroffenen Regionen aus. Es kommt zu einer *Veränderung des Abflusses* und der lokalen *Wasserbilanz*; das Resultat ist in ariden und sem-ariden Gebieten häufig eine *Absenkung des Grundwasserspiegels* mit entsprechender *Verknappung des Trinkwassers*. Diese wird dadurch verschärft, dass während der Hochsaison ohnehin schon eine größere Menge an Menschen mit Wasser versorgt werden muss und der Wasserverbrauch westlicher Touristen z. B. im Mittelmeerraum etwa doppelt so hoch ist wie der der Einheimischen. In den letzten Jahren löst der zunehmende Golf-Tourismus vor allem in Asien eine Übernutzung der Süßwasserreserven aus, da zur Bewässerung der Rasenflächen große Wassermengen benötigt werden.

Erweiterter Syndromkern: Massentourismus-Syndrom



3.7 Die Umweltzerstörung durch militärische Nutzung - Das VERBRANNTE-ERDE-SYNDROM

3.7.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das Syndrom geht in seiner Namensgebung auf die militärische Strategie einer bedingungslose Umweltzerstörung durch das Hinterlassen von „Verbrannter Erde“ zurück, die den gegnerischen Vormarsch erschweren soll. Es können hierbei mehrere Sub-Syndrome unterschieden werden: Bei militärischen Auseinandersetzungen werden oft ganze Regionen durch das Auslegen von Landminen (z.B.: Vietnam, Kambodscha, Mittelamerika, Angola, südliches und zentrales Afrika, Naher Osten, Afghanistan) oder den Einsatz chemischer Entlaubungsmittel (z. B. Vietnam „Agent Orange”) geschädigt. Die Nutzbarkeit von Böden und Biosphäre ist dadurch nicht mehr gegeben. Neben diesem direkten Funktionsverlust wird auch ein verstärkter Nutzungsdruck auf andere Regionen erhöht, was zu einer beschleunigten Degradation führen kann. Die Folgen des Einsatzes von panzerbrechender, mit Uran angereicherter Munition im Gebiet des ehemaligen Jugoslawien können derzeit noch nicht abschließend bewertet werden. Des Weiteren existieren eine Vielzahl militärischer Altlasten gerade an den ehemaligen Grenzen zwischen den Militärblöcken sowie in Kasernen und Truppenübungsplätzen. Hier sind vor allem die Kontamination von Böden z.B. mit Blei, Sprengstoffen, Treibstoffen und hochgiftigen Chemikalien zu nennen. Aber auch die durch militärische Manöver und Waffentests entstehen Schäden an Flora und Fauna. Hier koppelt das Verbrannte-Erde-Syndrom mit dem Altlasten-Syndrom. In diese Kategorie fallen auch die Regionen die Zielgebiete für Atomwaffenerprobungen waren (Mojave-Wüste, Bikini Atoll, Eniwetok, Muroroa, Fangataufa, Kasachstan). Das dritte Sub-Syndrom ist bisher weit weniger häufig als die ersten beiden, aber in seiner möglichen Schadenswirkung durch eine Kopplung zum Havarie-Syndrom sehr hoch. Die bewusste Zerstörung von Infrastruktur und Energieversorgung. In der Vergangenheit war dies vor allem zu beobachten, wenn hochtechnisierte Streitkräfte in lokale Konflikte eingreifen um völkerrechtliche Maßnahmen und Beschlüsse umsetzen, oder wenn zu Zwecken der Erpressung lokale Umweltressourcen eingesetzt werden, wie es z.B. die irakische Armee in Kuwait mit den dortigen Erdölvorkommen demonstrierte. Die möglichen Umweltfolgen durch die bewusste Zerstörung technischer Einrichtungen in Kriegen oder durch Terroranschläge können, im Falle von Angriffen auf Kernkraftwerke, die großflächige nukleare Kontamination oder, im Falle einer Sprengung von Staudämmen, auch schwere Umweltschäden durch Flutwellen im stromabwärts gelegenen Regionen sein. Gerade vor dem Hintergrund der Ereignisse des 11.09.2001 scheinen solche Terrorakte oder auch angedrohte Einsätze von biologischen Kampfstoffen zur Verseuchung von Böden und Gewässern in den Bereich des Denkbaren und auch Möglichen gerückt zu sein. Das Potential einer solchen „Verbrannten-Erde-Politik“ kann lokal verheerende Folgen für Mensch und Natur haben und selbst global schwerwiegende Auswirkungen zeigen. In den Energiesystemen sind insbesondere zentrale Großkraftwerke sowie wichtige Leitungen der Verteilungsnetze und Pipelines mögliche Angriffspunkte.

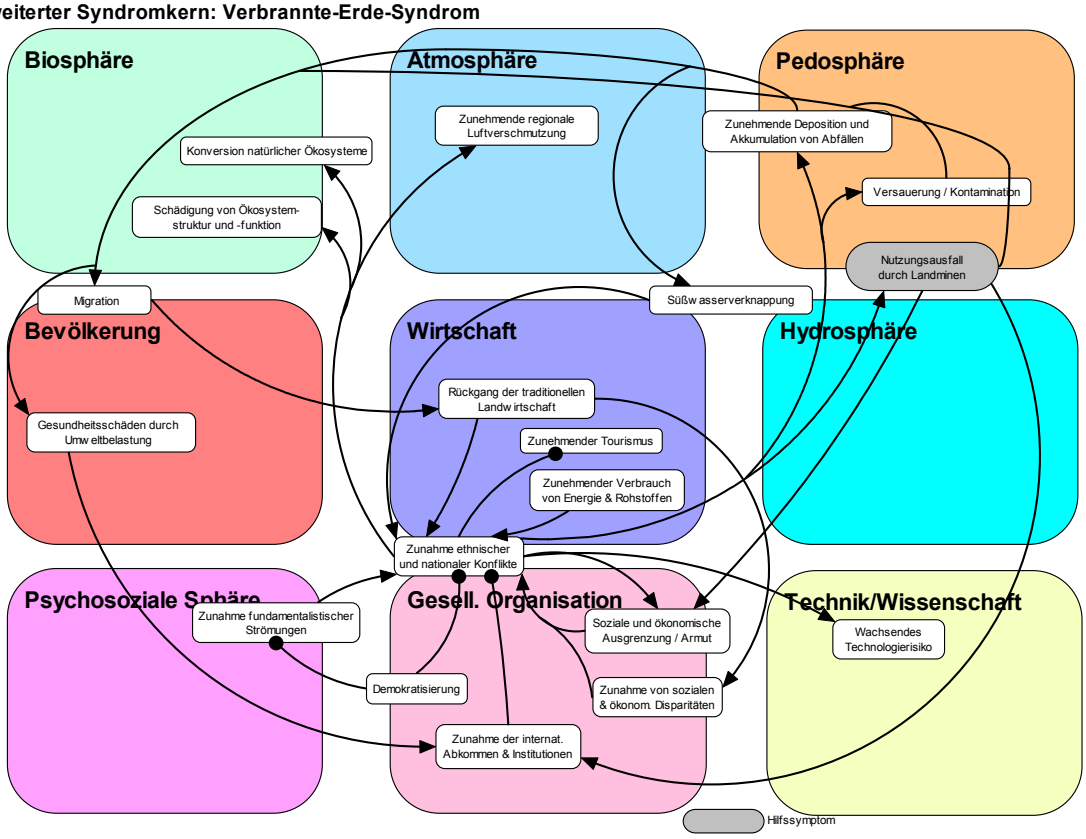
3.7.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Im Zentrum des Syndroms steht die *Zunahme Regionaler Konflikte*, als bisher einzige symptomare Darstellung von kriegerischen und terroristischen Handlungen im globalen BZG. Mögliche Triebkräfte für Konflikte kommen aus der *Zunahme von Disparitäten*, *Armut*, aber auch durch *zunehmende fundamentalistische Strömungen*. Abschwächung kriegerischer Tendenzen können durch eine *Sensibilisierung für globale Probleme*, *Demokratisierung* sowie eine *Zunahmen von internationalen Abkom-*

men und Institutionen erfolgen. Die Auswirkungen von kriegerischen Konflikten haben über Kontamination vor allem im Bereich der Pedosphäre (z.B. Landminen, Erosion, etc.), der Atmosphäre (z.B. Verschmutz durch brennende Ölquellen) und der Hydrosphäre Auswirkungen. Letzteres kann über eine *Süßwasserverknappung* zu weiteren Konflikten führen. Durch Fortschritte in der Bio(waffen)technologie und der vermehrten Nutzung von Kernkraftwerken erhöht sich das *Technologierisiko* für die Bevölkerung, da Kraftwerke mögliche Primärziele im Fall kriegerischer und terroristischer Handlungen darstellen sowie ABC-Waffen mit großer Massenwirkung leichter zugänglich werden.

Das VERBRANNTE-ERDE-SYNDROM koppelt in seinen verschiedenen Ausprägungen mit mehreren Syndromen. Durch die unbeseitigten militärischen Hinterlassenschaften entstehen kontaminierte Regionen, die speziell behandelt werden müssen, was eine Kopplung zum ALTLASTEN-SYNDROM aufzeigt. Die kontaminierten Regionen (nukleare, chemische Kontamination oder Landminen) können nicht mehr genutzt werden. Der Nutzungsdruck auf andere Regionen erhöht sich, was zu einem Einsetzen oder der Verstärkung des SAHEL-SYNDROMS führen kann. Andere Reaktion sind *Migrationsbewegungen*: Die Flüchtlingsströme aus Kriegsgebieten oder aus militärisch kontaminierten Regionen könne ein FAVELA-SYNDROM oder ein LANDFLUCHT-SYNDROM entstehen lassen oder verstärken. Beispiele sind die Flüchtlingslager rund um Afghanistan oder auch in Palästina. Aber auch die Attraktivität von Zielen des Massentourismus wird durch kriegerische Auseinandersetzungen und ihre Hinterlassenschaften stark herabgesetzt, wie das Beispiel des ehemaligen Jugoslawien deutlich zeigt.

Erweiterter Syndromkern: Verbrannte-Erde-Syndrom



3.8 Die Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraum-gestaltung im Rahmen von Großprojekten - Das ARAL-SEE-SYNDROM

3.8.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Im Rahmen des *Aral-See-Syndroms* werden jene Umweltdegradationen erfasst und analysiert, die durch eine großräumige Umgestaltung der Landschaft als nicht erwünschte Nebeneffekte von technischen, wasserbaulichen Großprojekten (Staudammbau, Be- und Entwässerungsprojekte, Flussausbau usw.) entstehen können. Neben den unmittelbaren Beeinträchtigungen der Natur können indirekte Wirkungen auftreten, die für den Globalen Wandel relevant sein können. Die sozialen Folgen (Zwangsumsiedlung, Gesundheitsschäden, internationale Konflikte usw.) können ihrerseits mittelbare Umweltschädigungen nach sich ziehen.

Zu den Beispielen für solche großen wasserbaulichen Projekte gehören die großen Bewässerungsprojekte für den Baumwollanbau in Kasachstan, die dem Aralsee seine Zuflussquellen genommen haben. Die hierdurch verursachte Austrocknung des Aralsees löste eine überregionale ökologische Katastrophe aus. Auch großskalige, überregional initialisierten Wasserstraßenprojekte im Stile des „Hidrovía-Projekts“ im brasilianischen Pantanal und vor allem viele der weltweit 40.000 Megastaudämme mit ihren Umwelt- und Sozialfolgen gehören in diesen Zusammenhang.

3.8.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Im Zentrum steht der *Aufbau technischer Großprojekte*. Ein wichtiges Kennzeichen dabei ist die zentrale Planung und Finanzierung (*Zentralisierung der wirtschaftspolitischen Strategien*), die häufig über die nationale Ebene hinausreicht. Diese Megaprojekte können schon aufgrund der Kosten und Organisation nicht von regionalen Verwaltungen bewältigt werden. Besonders in Entwicklungsländern ist die Umsetzung von derartigen Megaprojekten meist nur durch tatkräftige Hilfe und Finanzierung von internationalen Agenturen und Banken (*Zunahme internationaler Institutionen*: IWF, Weltbank), zunehmend auch Privatbanken, möglich. Den inhärenten Regeln dieser Institutionen und der auf die wirkenden Interessen folgend, sind wenige Großprojekte attraktiver als viele kleine, was sich häufig mit Interessen der entscheidenden Akteure in den Entwicklungsländern deckt. Wichtigste Folge ist die *Veränderung der Wasserbilanz* durch Aufstauen und Beeinflussen der natürlichen Abflüsse.

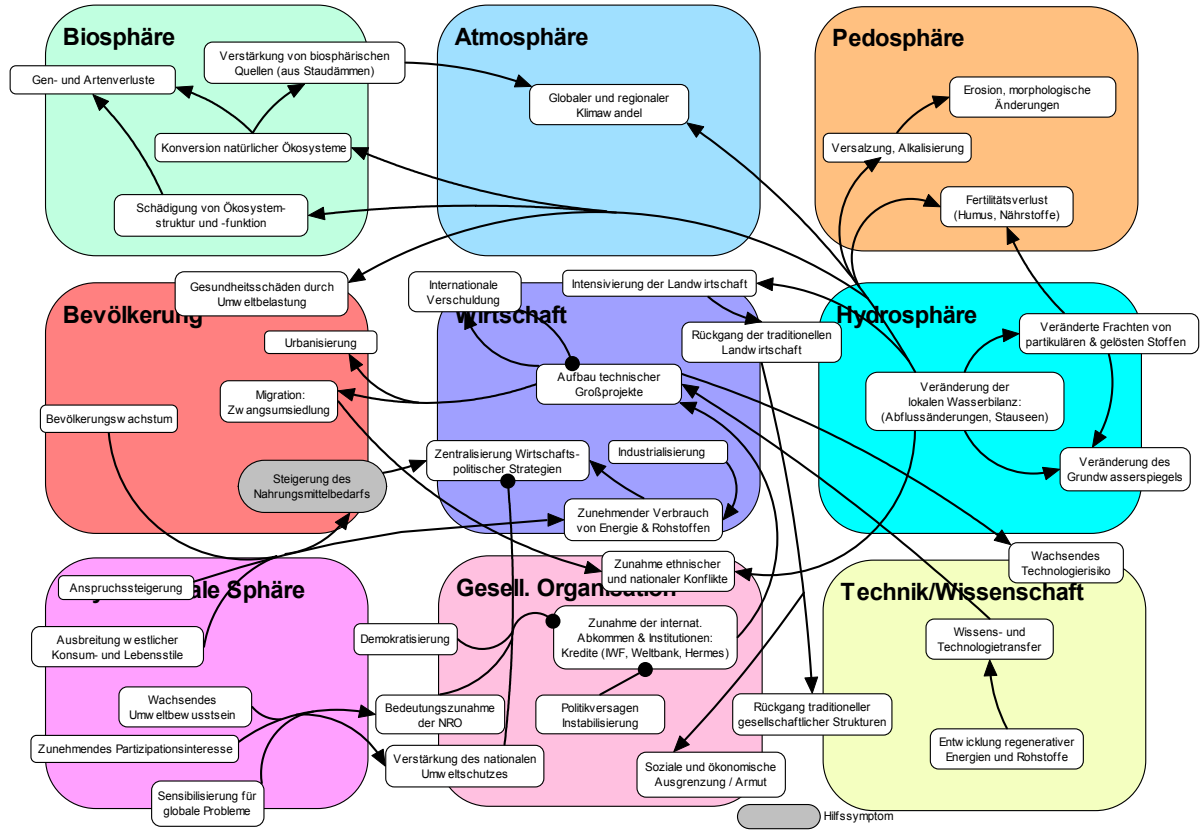
Eine wichtige Motivation für wasserbauliche Großprojekte ist die Erwartung, dass sich die *Steigerung des Nahrungsmittelverbrauchs* (z. B. als Folge von *Bevölkerungswachstum*) und die *Zunehmende Nachfrage nach Energie* (z. B. als Folge von *Industrialisierung*) verstärken werden. Häufig erscheint der Wunsch nach effektiver Hochwasserkontrolle (*Wachsende Gefährdung gegenüber Naturkatastrophen*) und *Ausbau der Verkehrswege* (Wasserstraßen) durch die Großprojekte gleichzeitig umsetzbar.

Die mittelbaren Auswirkungen nach Fertigstellung sind Folgen der Abflussänderungen. Dies umfasst vor allem bei Staudämmen immer auch ein verändertes Sedimentationsverhalten (*Veränderte Fracht von partikulären und gelösten Stoffen*) und häufig *Verschlechterungen der Wasserqualität*. Besonders Staudämme sind mit teils beträchtlichen *Technologierisiken* verbunden (Gefahr des Bruchs von Staumauern). Der hohe Finanzierungsbedarf ist ohne stark zunehmende *internationale Verschuldung* nicht zu decken. Eine direkte soziale Auswirkung ist in den meisten Fällen *Migration: Zwangsumsiedlung*. Auch ist zu beobachten, dass die ungerechte Verteilung der ökonomischen Vorteile der Dammbauten meist die Ungleichheit im Lande verschärft und somit zu einer *Zunahme der nationalen sozialen und ökonomischen Disparitäten* führt. Die Wirkungen in der Natursphäre sind eine direkte Folge der Ab-

flussänderungen, was zu *Ökosystemdegradation* und *-konversion* vor allem bei limnischen Ökosystemen und bei Küstenökosystemen führt. Auch gibt es direkte und indirekte Verstärkung von Bodendegradation (*Fertilitätsverlust, Erosion* usw.). Diese Zusammenhänge beschreiben den Kernmechanismus eines jeden wasserbaulichen Großprojekts und sind daher zwar notwendig für das ARALSEE-SYNDROM, als solches aber nicht konstituierend. Der gesamte Mechanismus und insbesondere die indirekten negativen Wechselwirkungen und Folgen, die einem großen Projekt erst den syndromaren Charakter verleihen, sind im Beziehungsgeflecht zusammengefasst.

Beim ARAL-SEE-SYNDROM gibt es ebenfalls die in vielen Syndromen auftauchende Abschwächung durch die wachsende Erkenntnis, dass diese Projekte häufig nicht-nachhaltig sind (*Umweltbewusstsein, NGOs, Demokratisierung* usw.). Diese Schleife hat sich bei Megastaudämmen wegen der gravierenden direkten Folgen für die lokale Bevölkerung bereits sehr früh entwickelt, ist stark ausgeprägt und hat heute zum Umdenken in internationalen Institutionen und zu einem offenen Diskussionsprozess geführt.

Erweiterter Syndromkern: Aral-See-Syndrom



3.9 Umwelt- und Entwicklungsprobleme durch Transfer standortfremder landwirtschaftlicher Produktionsmethoden - Das GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM

3.9.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM umfasst die großräumige, staatlich geplante und rapide Modernisierung der Landwirtschaft mit importierter, nicht-angepasster Agrartechnologie zur Ernährungssicherung, wobei negative Nebenwirkungen auf die naturräumlichen Produktionsbedingungen einerseits und die Sozialstruktur andererseits auftreten bzw. in Kauf genommen werden. Der Begriff GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM fokussiert als die negativen Folgen der Grünen Revolution.

Der Begriff „Grüne Revolution“ kam Ende der 60er Jahre auf und beschreibt einen um 1965 einsetzenden markanten Durchbruch in der Landwirtschaft von Entwicklungsländern. Grundlage hierfür sind biologische, technische und chemische Neuentwicklungen in der Agrarwirtschaft, insbesondere die Züchtungserfolge bei Nahrungsgetreide. Das Ergebnis waren starke Anstiege in der Nahrungsgetreideproduktion. Aus produktionstechnischer Sicht schien das Ernährungsproblem endgültig lösbar geworden zu sein, so dass dieses Syndrom den Charakter eines "Fluchs der guten Tat" aufweist. Unter dem damaligen Problemdruck waren kaum adäquate Alternativen sichtbar. Die Erfolge der Grünen Revolution wurden vor allem in der Bewässerungslandwirtschaft erzielt, so dass es zu einer erheblichen Ausweitung der Bewässerungsflächen sowie einem Anstieg des Wasserbedarfs kam. Binnen weniger Jahre aber stellten sich häufig wasserrelevante Probleme wie *Süßwasserverknappung, Grundwasserabsenkung, Versalzung,* sowie *Wasserverschmutzung* ein. Der Begriff Grüne Revolution umfasst mehrere Dimensionen:

Eine Geopolitische Dimension mit einer Prädisposition durch die Kolonialzeit Grüne Revolution dar. Zum einen ermöglichten die unter der kolonialen Herrschaft geschaffenen Infrastrukturen die planerische Umsetzung der Grünen Revolution. Zum anderen fand sie vielfach auf Böden statt, die bereits durch die Kolonialregierungen stark beansprucht worden waren. Die oftmals bereits in vorkolonialer Zeit ungleiche Landbesitzverteilung wurde während der Kolonialzeit weiter akzentuiert. Die Grüne Revolution verstärkte diese Effekte zusätzlich. In der postkolonialen Zeit waren viele Entwicklungsländer mit dem Problem der wachsenden Nachfrage nach Nahrung konfrontiert. Eine sich verschärfende Versorgungslage und Massenarmut drohten viele Länder im Innern zu destabilisieren. Diese ernährungs- und entwicklungspolitische Herausforderung traf mit den Interessenkonstellationen des Kalten Krieges und der Systemkonkurrenz. Zusätzlich hatten viele Länder nach der Entkolonialisierung wirtschaftliche und politische Probleme. Die Grüne Revolution sollte auf nationaler Ebene zum sozialen Frieden beitragen. Auf internationaler Ebene ging es im Zusammenhang mit dem sich entwickelnden Ost-West-Gegensatz auch darum, die Länder vom Einflussbereich der Gegenseite fernzuhalten (Nahrungsmittelimporte), indem man sie in die Abhängigkeit von der eigenen Seite (*Technologietransfer*) brachte.

In der technischen Dimension wurden durch den Technologietransfer aus den Industrienationen erhebliche Steigerung der Hektarerträge in der Nahrungsgetreideproduktion von Entwicklungsländern ausgelöst. Ermöglicht wurden diese Produktionszuwächse durch die gezielte Kombination von hochertragreichem Saatgut, Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Bewässerung und Mechanisierung. Wichtigste Grundlage waren die Züchtungserfolge des Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) in Mexiko und des International Rice Research Institute (IRRI) auf den Philippinen

in den 60er Jahren (Saatgutrevolution). Vorangetrieben wurden diese Erfolge, die sich vor allem auf Weizen, Mais und Reis konzentrierten, durch die finanzielle Förderung verschiedener internationaler Organisationen. Die möglichst rasche Steigerung der Bodenproduktivität mit Hilfe von erhöhtem Kapitaleinsatz (z.B. Energie, Mineraldünger) stand im Vordergrund.

Die entwicklungspolitische Dimension liegt in der Schaffung von Kaufkraft, die die Lebensbedingungen im ländlichen Raum verbessern und damit Armut und Unterernährung beseitigen sollte. Technischer Wandel wurde als Alternative zum politischen Wandel angesehen. Mit der Grünen Revolution sollten die meist agrarwirtschaftlich geprägten Länder von Getreideimporten unabhängig werden, hatten dafür aber neue Importabhängigkeiten in Kauf zu nehmen. Mineraldünger, Maschinen und Erdöl mussten nun gegen knappe Devisen importiert werden. Schließlich sollte die landwirtschaftliche Modernisierung auch die Industrialisierung vorantreiben.

Die institutionelle Dimension der Grünen Revolution liegt im Aufbau eines weltumspannenden institutionellen Netzwerkes. Dazu zählen u. a. die Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) und ihrer Unterorganisationen, die Gründung von nationalen Agrarbanken und des International Fund for Agricultural Development (IFAD), die Einrichtung von Distributionsnetzwerken für landwirtschaftliche Betriebsmittel und von Beratungsinstitutionen (Wissenstransfer), sowie die Förderung von Industrien für Agrochemie und Agrotechnik. Hinzu kam die umfassende Subventionierung der neuen Technologien und Bewässerung, um eine möglichst rasche Verbreitung zu erreichen. Die ländlichen Eliten wurden gezielt mit der Absicht gefördert, Durchsickereffekte in alle sozialen Gruppen zu bewirken.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass für die Entstehung der Grünen Revolution das zeitliche Zusammentreffen von bestimmten geopolitischen (internationale Interessenlagen), biologisch-technischen (Saatgutrevolution), bevölkerungspolitischen (*Bevölkerungswachstum*) und wirtschaftlichen (Armut) Entwicklungen charakteristisch ist. Die Grüne Revolution wurde im Rahmen groß angelegter planerischer Maßnahmen stets von oben nach unten, im globalen Maßstab von reich nach arm (*Technologie- und Wissenstransfer*) und im nationalen Maßstab über die Landeseliten eingeführt.

3.9.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Zentrales Element des Syndroms ist das Symptom *Zunahme der Nahrungsmittelproduktion.* Angesichts eines hohen *Bevölkerungswachstums*, einer drohenden produktionsbedingten Nahrungskrise (*Verarmung* im Sinne von Hunger) sowie weit verbreiteter Armut, wird in den betroffenen Ländern eine nationale wirtschaftspolitische Strategie in Gang gesetzt, die mit der *Intensivierung der Landwirtschaft* die *Steigerung der Nahrungsmittelproduktion* und ländliche Entwicklung allgemein erreichen will, um auf diese Weise *Verarmung* (Hunger) wieder abzuschwächen. *Wissens- und Technologietransfer*, *Industrialisierung* und *Globalisierung der Märkte* verstärken die *Intensivierung der Landwirtschaft* zusätzlich.

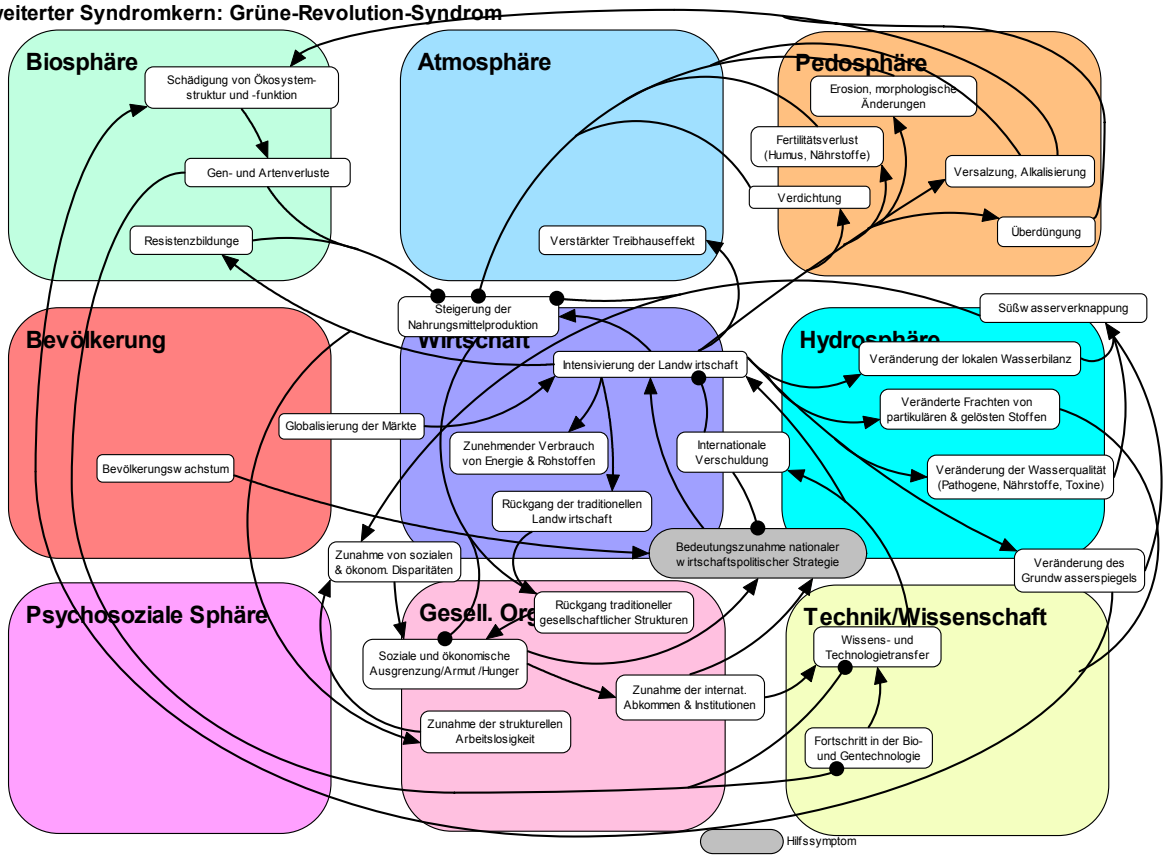
Ohne die Grüne Revolution wäre die beobachtete Steigerung der Nahrungsproduktion nicht möglich gewesen. Die Gefahr produktionsbedingter Nahrungskrisen konnte zwar vermindert, aber nicht beseitigt werden, da neben der nationalen Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln die privaten Zugangsrechte eine entscheidende Rolle spielen. Die Intensivierung der Landwirtschaft nach dem Muster der Grünen Revolution führte auf Grund struktureller Probleme und konzeptioneller Schwächen (top-down Ansatz) in vielen betroffenen Ländern zur Zunahme sozialer und ökonomischer Disparitäten. Da die Grüne Revolution ihre größten Erfolge in Bewässerungsregionen aufweisen kann, werden dort auch die staatlichen Anstrengungen konzentriert, so dass die *regionalen Disparitäten ansteigen*, was zu einer *Zunahme ethnischer und sozialer Konflikte* führen kann. Die sozioökonomischen Disparitäten verstärken

sich durch die Grüne Revolution, da die meisten Kleinbauern nicht im erwarteten Maße partizipieren und Arbeitskräfte ohne Beschäftigungsalternative freigesetzt werden. Hinzu kommt, dass die Abhängigkeit der Agrarproduzenten von externen Produktionsmitteln ansteigt (Hochertragssaatgut). Häufig war die Grüne Revolution auch mit den sozialen und kulturellen Strukturen in ihren Verbreitungsgebieten nicht kompatibel. Ein Beispiel sind die Schwierigkeiten bei der Einführung formalrechtlicher Kreditsysteme, wenn es überhaupt keinen Kataster zur Dokumentation des individuellen Landbesitzes und damit zur Feststellung der Kreditwürdigkeit gibt. Auch der zusätzliche Wissensbedarf spielt hier eine bedeutsame Rolle. Verbunden mit der Verbreitung der Grünen Revolution ist auch der *Rückgang traditioneller gesellschaftlicher Strukturen*. Mit der Steigerung der Nahrungsmittelproduktion sinkt die Abhängigkeit von Getreideimporten, was im Rahmen der Grünen Revolution mit einer temporär steigenden Abhängigkeit von importierter Agrartechnik, von Agrochemie und Saatgut (*Wissens- und Technologietransfer*) verbunden ist. Dieser Trend verstärkt neben vielen anderen die *internationale Verschuldung*. Zur Bekämpfung der Schuldenkrise werden in vielen Ländern seit dem Ende der 80er Jahre Strukturanpassungsmaßnahmen durchgeführt. Die hieraus resultierende Deregulierung nationaler wirtschaftspolitischer Strategien verändert das durch die Grüne Revolution staatlich geschaffene Institutionen- und Dienstleistungsnetzwerk tiefgreifend.

Durch die *Intensivierung der Landwirtschaft* nach dem Muster der Grünen Revolution werden eine ganze Reihe von negativen Trends in der Natursphäre ausgelöst bzw. verstärkt. Dazu zählen in der Pedosphäre *Überdüngung, Versauerung*, *Fertilitätsverlust*, *Erosion und bodenmorphologische Änderungen*. Letzteres spricht speziell den Aspekt der Bodenverdichtung durch Mechanisierung an. Nährstoffverluste in der Landwirtschaft, Versauerung und Versalzung sind insbesondere im Norden Indiens, in Bangladesch, Indonesien, Nordchina und Nordkorea zu finden. Der häufig unzureichende Bodenschutz bei monokulturellem Anbau fördert die Bodenerosion, die die Wasserqualität der Oberflächengewässer beeinträchtigt (*Veränderte Frachten von partikulären und gelösten Stoffen*). Der intensive und häufig unsachgemäße Einsatz von Agrochemikalien gefährdet die Umwelt (Bodenflora und -fauna, Gewässer, angrenzende Ökosysteme usw.) und die Gesundheit der Menschen. In den Entwicklungsländern werden jährlich etwa 20% der weltweit eingesetzten Pflanzenschutzmittel verbraucht. Über ihren Anteil in der Nahrungsgetreideproduktion liegen zwar keine flächendeckenden Daten vor. Auf Grund des großen Flächenanteils der Getreidekulturen ist die ausgebrachte Menge jedoch bedeutsam. Einige Entwicklungsländer weisen bereits einen intensiveren Pflanzenschutzmitteleinsatz als Deutschland auf. Die negativen Folgen des hohen Pflanzenschutzmittelverbrauches treten in den Entwicklungsländern im wesentlichen durch Informationsmängel, unzulängliche Praktiken in Umgang, Lagerung und Anwendung der Pestizide, unzureichende Etikettierung sowie fehlende Schutzkleidung und Reinigungsmöglichkeiten für die Landarbeiter besonders gravierend zu Tage. Der hohe, häufig unkontrollierte und z. T. präventive Einsatz von Pestiziden fördert die *Resistenzbildung* bei den Schädlingen. Großflächige Monokulturen und jahrelanger Anbau der gleichen Kultur schaffen ideale Bedingungen für das Wachstum von Schädlingspopulationen, wodurch die Krisenanfälligkeit des Agrarsystems gegenüber Schädlingen, Krankheiten und Klimaschwankungen gesteigert wird. Viele Grüne-Revolution-Länder gelten zudem als Genzentren für Nutzpflanzen, deren Reichtum an Genressourcen durch die Dominanz der wenigen, genetisch eng eingegrenzten Hochertragssorten akut gefährdet ist (z. B. Indien, China, Mexiko). Mit dem Verlust der genetischen Vielfalt der Kultursorten geht eine unersetzliche Genressource für die Forschung verloren. Die Forschung findet hierdurch eine immer schmalere Basis an genetischen Ressourcen vor, was die Neu- und Weiterentwicklung von modernen landwirtschaftlichen Sorten hemmt (*Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie*). Insbesondere die sich ständig ändernde Situation bei Pflanzenschädlingen (u. a. durch *Resistenzbildung*) führt zu dem Zwang, die Sorten durch Einkreuzen von neuen Merkmalen aus Zucht und Wildsorten ständig zu verbessern. Die

Grüne Revolution reduziert ihre eigene genetische Ressourcenbasis für eine zukünftige *Intensivierung der Landwirtschaft*. Zudem führte die Beschränkung auf wenige Getreidesorten zum Rückgang des Anbaus proteinreicher Hülsenfrüchte. Entsprechend verschlechtert sich die Proteinversorgung der Bevölkerung. Aufgrund der ansteigenden Methanemissionen im Reisbau und der energieintensiveren Produktionstechnik kommt es auch zu einem *Verstärkten Treibhauseffekt*. Die Auswirkungen auf die Hydrosphäre sind hauptsächlich *Süßwasserverknappung*, *Versalzung* und *Eutrophierung* sowie *Kontamination* mit Pestiziden.

Erweiterter Syndromkern: Grüne-Revolution-Syndrom



3.10 Vernachlässigung ökologischer Standards im Zuge hochdynamischen Wirtschaftswachstums - Das KLEINE TIGER-SYNDROM

3.10.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Viele Regionen in den Schwellenländern haben sich zu Brennpunkten einer rasanten wirtschaftlichen Dynamik entwickelt oder sind auf dem Sprung, diesen Strukturwandel mit einer Intensität zu bewältigen. Durch seine hohe Eigendynamik hat dieser gravierende Folgen für Mensch und Natur. für dieses Syndrom war die Entwicklung in den asiatischen Tigerökonomien. Die ökonomischen Veränderungen in Hongkong, Indonesien, Malaysia, Singapur, Südkorea, Taiwan und Thailand vor der Asienkrise gelten als herausragende und begriffsprägend Beispiele für dieses Syndrom. Sie zeichnen sich durch besonders dynamische wirtschaftliche Entwicklungsprozesse aus.

Diese mit der Industrialisierung verbundene Entwicklungsproblematik, die als „Manchester-Syndrom“ in England Mitte des 18. Jahrhunderts begann und dort mehr als 100 Jahre zu ihrer Entfaltung brauchte, hatte damals ihre wesentliche Umweltproblematik im mangelnden Wissen über Umweltwirkungen und im Fehlen geeigneter Technologien. Im Gegensatz dazu ergibt sich die aktuelle Umweltbrisanz im KLEINE-TIGER-SYNDROM daraus, dass sich dieser Entwicklungsprozess dramatisch verkürzt hat und seine Beherrschung, was die Sozial- und Umweltaspekte betrifft, deshalb größte Anforderungen stellt. Die Mobilität des Kapitalmarkts, die Globalisierung der Märkte, weltweit hohe Transportkapazitäten und nicht zuletzt lokale Standortvorteile wie ökonomische und politische Stabilität, geringes Lohnniveau, geringe Partizipation der Arbeitnehmer und anfänglich geringe Konsumansprüche sind wesentliche Merkmale für die Disposition einer Region. Daneben sorgt die ständig steigende Verfügbarkeit von Produktionssoftware (Blaupausen, Produktionstechniken etc.) für bisher nicht bekanntes Wirtschaftswachstum in immer kürzeren Zeiträumen. Es liegt dabei auf der Hand, dass vielfach weder der Aufbau einer adäquaten Infrastruktur zur Ver- und Entsorgung noch die Einführung entsprechender Umwelttechnologien mit diesem Wachstum Schritt halten können. Dies gilt vor allem für Länder, die das Beispiel der Kleinen Tiger zu kopieren versuchen.

Die Ursachen für diese Entwicklungsdisparitäten sind zu einem beachtlichen Teil in einem *Politikversagen* begründet, sie sind aber vor allem Konsequenz der Eigendynamik dieser explosiven Entwicklung. Große Investitionen wären erforderlich, um irreparablen ökologischen Schäden vorzubeugen. Diese Mittel sind zwar vorhanden, werden aber vor allem in das weitere Wirtschaftswachstum investiert – nur so lässt sich der Prozess aufrechterhalten. Die Konsequenzen zeigen sich in vielen betroffenen Regionen in Südostasien und zukünftig sicherlich auch in Indien, Mittel- und Südamerika. Städte wie Bangkok, Manila, Mexico City, Jakarta, Shanghai und Bombay gelten bereits als Beispiele für außer Kontrolle geratenes Verkehrsmanagement, extreme lokale Luftverschmutzung (Smog), mangelhafte Abwasserreinigung und umweltgefährdenden Umgang mit Abfall. Diese Entwicklungen sind zusammen mit dem enormen Ressourcen- und Energieverbrauch die typischen Kennzeichen dieses Syndroms.

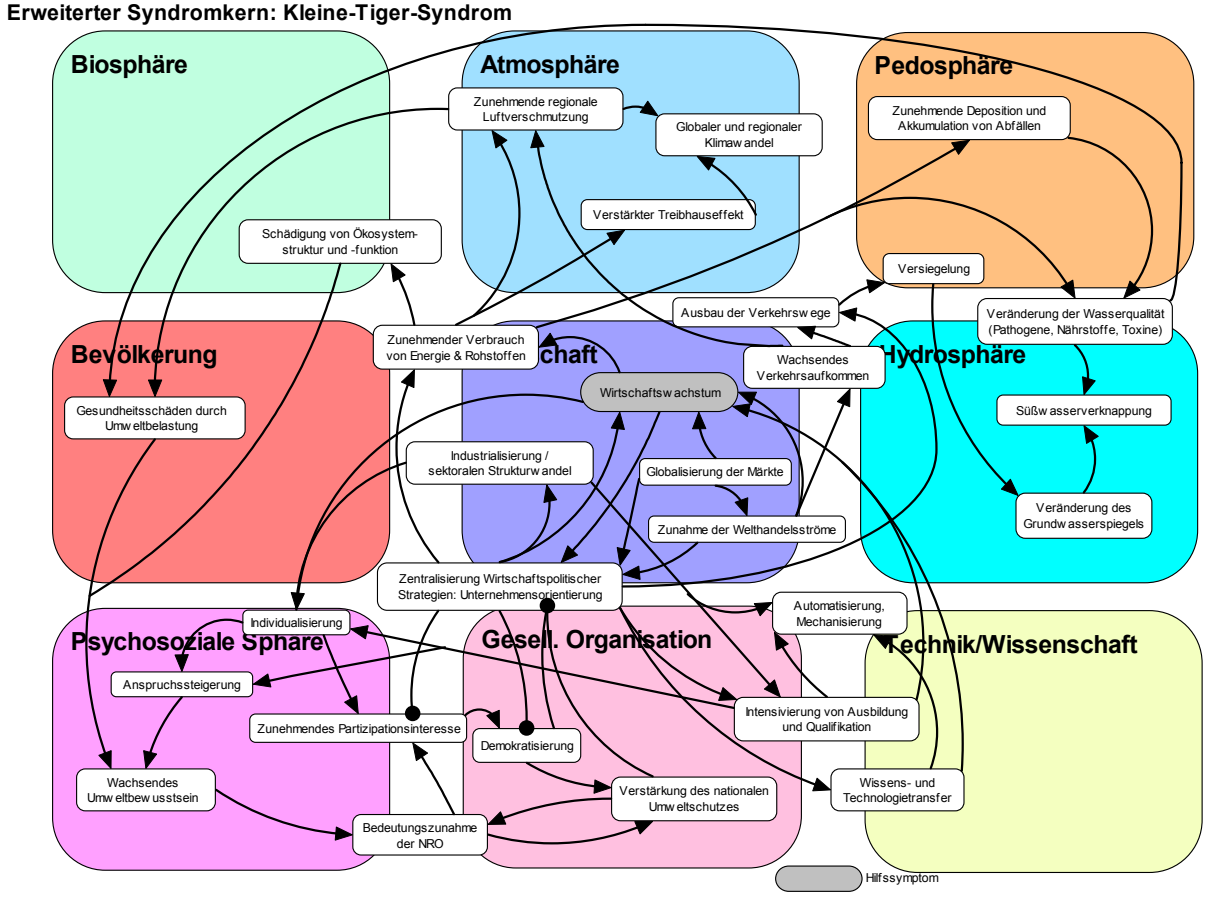
Die Asiatische Entwicklungsbank beziffert die entstehenden Schäden bis zum Jahr 2000 bereits auf mehr als 2.500 Mrd. US $, wobei andere, bald ebenso dazu zählende Regionen wie die „Mekong-6-Länder“ (Kambodscha, Vietnam, Laos, Myanmar, Thailand und Yünan) noch nicht berücksichtigt sind. Neben bestimmten Regionen in Indien und vor allem China wird eine ähnliche Entwicklung auch in Südafrika und Teilen Süd- und Mittelamerikas erwartet.

3.10.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen:

Kernelement des Syndroms ist eine Verknüpfung von *Industrialisierung, Tertiärisierung* verbunden mit einer *vermehrten Nachfrage nach Energie und Rohstoffen*. Parallel findet eine massiver Ausbau der Infrastruktur (insb. Verkehr) statt, die ebenfalls Umweltstandards vernachlässigt. Dies bedingt erhebliche Degradationen für Mensch, Natur und Umwelt. Man kann diesen Prozess unter dem Aspekt des Globalen Wandels mit dem Slogan: *„Mit Volldampf in die Katastrophe beschreiben!“* Letztlich verantwortlich für die Degradationen ist der Einsatz nicht angepasster Technologie im Produktionsprozess, der Energiegewinnung und im Verkehr.

Der Wachstumsprozess wird zudem durch eine *Zentralisierung von Wirtschaftsstrategien* konkret gelenkt. Syndromtypisch ist ferner die *Dämpfung von Partizipationsinteressen* und *Demokratisierungstendenzen*. Schließlich löst die wirtschaftliche Entwicklung auf längere Sicht eine Abschwächungsphase aus. Mit steigendem Einkommen verändern sich Lebensstandard und Einstellung. Daraus resultierende zunehmende Partizipationsinteressen führen, verbunden mit einem *aufkommenden Umweltbewusstsein*, letztlich dazu, dass dem Umweltschutz eine steigende Bedeutung beigemessen und das Kleine Tiger-Syndrom gebremst wird.

Erweiterter Syndromkern: Kleine-Tiger-Syndrom



3.11 Die Ungeregelte Urbanisierung, Umweltgefährdung und Verelendung in menschlichen Siedlungen - Das FAVELA-SYNDROM

3.11.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das FAVELA-SYNDROM kennzeichnet eine spezielle Entwicklungsproblematik, die sich aus der ungeregelten Agglomeration menschlicher Siedlungen am Rande schon bestehender und neuer Zentren ergibt. Auf Grund der hohen Geschwindigkeit, mit der sich diese informelle Urbanisierung vollzieht, unterbleibt in der Regel jede staatliche Einflussnahme durch Flächennutzungsplanung, Ordnungskontrolle und den Aufbau notwendiger Infrastruktur zur Ver- und Entsorgung. Diese rasch wachsende Disparität im Urbanisierungsprozess bildet damit den eigentlichen Mechanismus des Syndroms mit seinem charakteristischen Muster aus Wachstum und Umweltdegradation und dem daraus resultierenden Gefahrenpotential für Mensch und Natur.

Die Teilaspekte Ungeregelten Urbanisierung, Umweltgefährdung und Verelendung formen jedoch nicht das einzige Syndrom des Globalen Wandels in dem realen geographischen Gebilde „Stadt“. In der Regel finden sich in einer urbanen Struktur neben dem FAVELA-SYNDROM auch das KLEINE-TIGER-SYNDROM und das SUBURBIA-SYNDROM in jeweils unterschiedlichen Ausprägungen wieder. Sie kennzeichnen verschiedene Schadensmuster mit den ihnen jeweils eigenen Ursachen, Mechanismen und Problemlagen für Mensch und Natur. Ihre Hauptaugenmerke liegen jedoch primär auf Problembereiche, die sich aus wohlstandspezifischen Lebensstilen sowie aus einer nachholenden Industrialisierung mit hoher Eigendynamik ergeben. Im Gegensatz zum FAVELA-SYNDROM korrelieren ihre Intensitäten nicht mit einer rasch wachsenden Bevölkerungszahl. Diese Wachstumsdynamik ohne adäquate Infrastrukturausbildung ist der entscheidende Mechanismus des FAVELA-SYNDROMS. In erster Näherung sind deshalb hohe Wachstumsraten in den Bevölkerungsentwicklungen ein erster notwendiger Indikator für dieses Muster des Globalen Wandels.

Vor allem die Megastädte in den Entwicklungs- und Schwellenländern wie Bombay, Buenos Aires, Jakarta, Kairo, Kalkutta, Manila, Mexico-City, Sao Paulo, Shanghai und Teheran haben eine ausgeprägte Anfälligkeit gegenüber dem FAVELA-SYNDROM. Der Dispositionsraum beschränkt sich aber keineswegs auf diese Megastädte: Zahlreiche Beispiele des afrikanischen Kontinents - wie Dar es Salaam oder Bangui in Zentralafrika - belegen, dass insbesondere landwirtschaftlich genutzte, marginale Standorte und Regionen eine außerordentlich hohe Anfälligkeit für ungeregelte, explosionsartige Verstädterungsprozesse aufweisen. Das Syndrom erfasst somit nicht nur die Problemsituation bereits bestehender Megastädte wie etwa Sao Paulo, sondern bezieht insbesondere auch die Anfälligkeit solcher Siedlungsstrukturen mit ein, die - wie vor zwanzig Jahren Nouakchott, die Hauptsadt Mauretaniens - durch den Entwicklungsstand „nicht mehr Dorf und noch nicht Stadt" gekennzeichnet sind und potentielle Keimzellen weiterer ungeregelten, explosionsartigen Urbanisierungen sind.

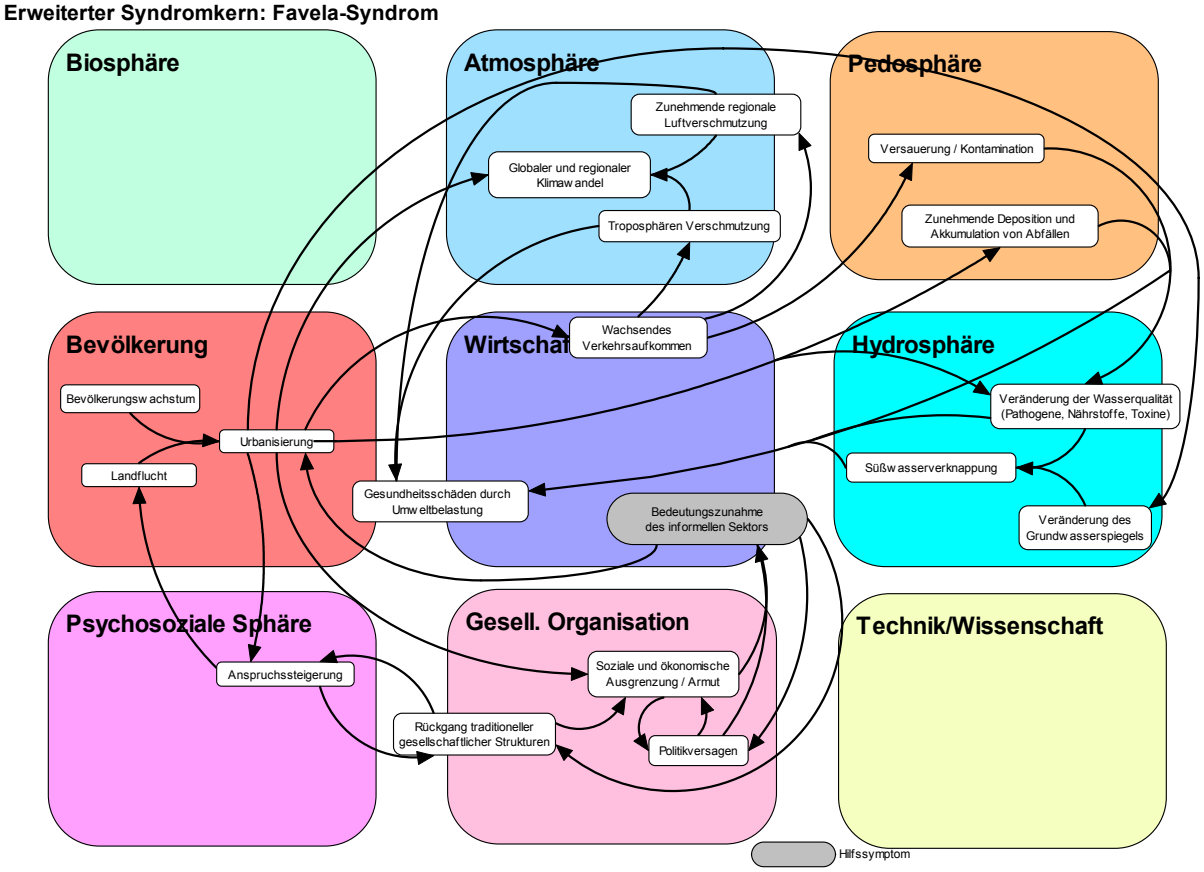
3.11.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Die hohe Dynamik der ungeregelten Ausbreitung von Siedlungsstrukturen ist hauptsächlich auf ein *hohes Bevölkerungswachstum* zurückzuführen, das in erster Linie eine Folge der massiven *Landflucht* ist. Dörfer und Städte üben nicht nur in Folge einer scheinbar höheren Lebensqualität einen starken Sog auf landwirtschaftlich geprägte Regionen aus; zurückgehende Ernteerträge bei stark wachsender Bevölkerung auf dem Land erweisen sich auch als hoch wirksame Druckfaktoren hinsichtlich einer Abwanderung in die Städte. Auf der anderen Seite können die betroffenen Siedlungsstrukturen selbst bei geringen Zuwachsraten häufig keine zusätzliche infrastrukturelle Grundversorgung bereitstellen,

da weder entsprechende finanzielle Mittel verfügbar sind noch ein notwendiges Planungs- und Ressourcenmanagement der administrativen Einrichtungen betrieben wird bzw. der wachsenden Bedarfssteigerung gewachsen ist. Bestehende Einrichtungen können nur einen kleinen Teil des zusätzlichen Bedarfs abpuffern, so dass die *Verstädterung* zusehends außer Kontrolle gerät und für diesen Prozess spezifische Mensch-Umwelt-Interaktionen ausgelöst werden, die sich insbesondere in *zunehmender Versiegelung*, *ungeregelter Abfallakkumulation* aus Haushalten und Industrie, ungesicherter Wasserver- und -entsorgung, hohen *Schadstoffkonzentrationen* in Boden, Wasser und Luft, versagenden Verkehrssystemen und dementsprechend akuter *Gesundheitsgefährdung* der Bevölkerung niederschlagen.

Die Belastung dieses Lebensraumes ist auch durch das Zusammenwirken der genannten Faktoren gekennzeichnet. Die hohe Konzentration von energieineffizienten Produktionsstätten und Konsumfunktionen verursacht erhebliche Schadstoffemissionen. Das lokale Klima verhindert häufig ein Entweichen dieser Schadstoffe aus der Stadtatmosphäre, so dass nicht nur der städtische *Boden*, der ohnehin einer Degradation durch *Abfallakkumulation* und *Versiegelung* ausgesetzt ist, zusätzlich *kontaminiert* wird. Über den Boden schließlich gelangen die Schadstoffe in das Grundwasser. Die industriellen Anlagen in diesen städtischen Agglomerationen erreichen nicht einmal einen Mindeststandard an Sicherheits-, Entsorgungs- und Emissionsminderungsvorkehrungen. Auch verfügen die Transportmittel in der Regel über keinerlei abgasreduzierende Technik, was auch zum *lokalen Treibhauseffekt* beiträgt. Typisch für das FAVELA-SYNDROM ist die hohe Bedeutung des informellen Sektors, da das städtische Planungs- und Ressourcenmanagement zur Aufrechterhaltung einer Basisinfrastruktur nicht mehr in der Lage ist.

Erweiterter Syndromkern: Favela-Syndrom



3.12 Landschaftsschädigung durch geplante Expansion von Stadt- und Infrastrukturen - Das SUBURBIA-SYNDROM

3.12.1 Kurzbeschreibung

Dieses Syndrom beschreibt den Prozess infrastruktureller Ausweitung von Städten mit Umweltauswirkungen großer Reichweite, vornehmlich in den Industrie- und Schwellenländern. Diese Entwicklungen führen zu einer Zunahme der direkten Umweltbelastung durch Güter- und Personenverkehr über Stoffeinträge in Form von Abgasen, Reifenabrieb, Ölrückständen etc. Das SUBURBIA-SYNDROM ist heute in fast allen Großstädten und Ballungsräumen der Industrieländer zu beobachten. Genannt seien Städte wie London, Paris, Tokio, New York und Hong Kong oder Ballungsräume wie das Ruhrgebiet. Seit dem Fall der Mauer ist dieses Syndrom sehr stark in den Neuen Bundesländer aktiv. Entwicklungen wie die großen Einkaufszentren oder Möbelmärkte vor den Städten, aber auch das Wachsen des Berliner „Speckgürtels“ sind diesem Phänomen zuzuordnen.

Steigende Mobilität, rapide Fortschritte im Bereich der Telekommunikation, insbesondere aber der Strukturwandel im Produktionsprozess sowie die zunehmenden funktionale Teilung haben die Standortwahl zu einem weniger bedeutenden Element im Entscheidungsprozess vieler Unternehmen gemacht. Unternehmen weichen auf Industrie- und Gewerbeparks aus, die sich meist durch niedrige Bodenpreise und eine günstige Verkehrsanbindung ausweisen. Aber auch das gestiegene Anspruchsdenken der Bevölkerung führt zu einem hohen Flächenverbrauch. Durch die Ansiedlung in stadträndigen, „grünen“ Wohngebieten (*suburbia*) entsteht ein erhöhtes Verkehrsaufkommen und ein erhöhter Flächen- und Naturverbrauch. Für den Bereich Wohnen stieg in Deutschland der Flächenbedarf (Wohnfläche pro Person) von 1950 bis 1981 von 15 m2 auf 34 m2. Ursächlich für diese immense Erhöhung sind zum einen die bei steigendem Einkommen wachsenden Ansprüche hinsichtlich des Wohnkomforts sowie massive Umstellungen der Nutzungsformen. Darüber hinaus ist in den Industrieländern allgemein ein Trend zum Ein-Personen-Haushalt zu beobachten (in Deutschland liegt der Anteil bereits bei über 30%), der mit einem erhöhten Siedlungsflächenbedarf einhergeht.

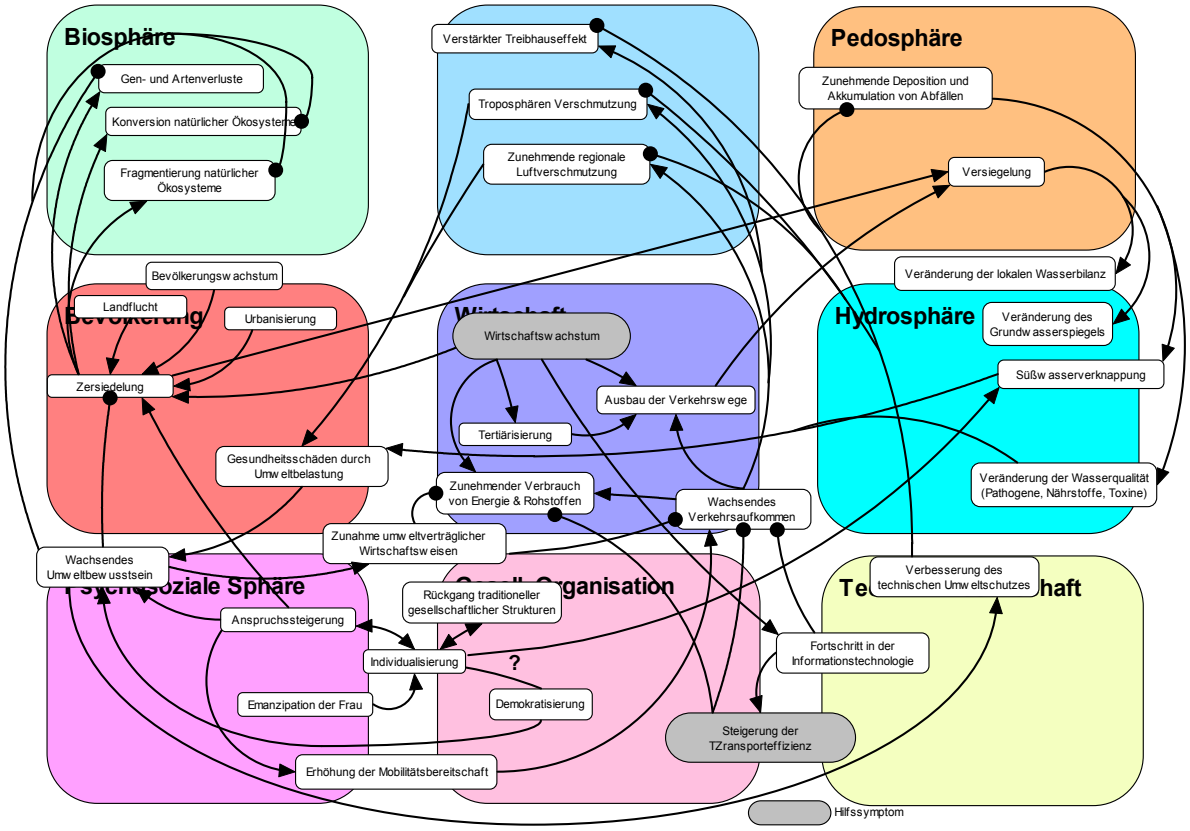
3.12.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Generelles Problem bei diesem Musterbild ist die zunehmende Trennung von Wohnen, Arbeiten und Freizeit einerseits sowie auch eine funktionelle Verlagerung von Produktionsprozessen bzw. strukturellem Wandel innerhalb der Sektoren andererseits. Beides ist gekoppelt mit einer stark zunehmenden Mobilität die sowohl den Individual- als auch den kommerziellen Verkehr und Transportsektor umfasst. Daneben steigt auch der Flächenbedarf für Versorgungs-, Bildungs- und Verkehrseinrichtungen. Auf diese Weise kommt es zur Umwidmung natürlichen Lebensraumes in infrastrukturelle Nutzfläche, in der Bundesrepublik zur Zeit etwa 90 ha pro Tag. Neben den bekannten *Verdichtungs- und Versiegelungserscheinungen der Böden* ist ein *Verlust an biologischer Vielfalt* die Folge.

Die Verkehrinfrastruktur stellt in diesem Zusammenhang ein Hauptproblem dar. Der durch den Strukturwandel im Produktionsprozess bedingte zunehmende kommerzielle Transport ist zu bedeutenden Element in der Standortfrage geworden. *Just-in-time, lean-production* führen zunehmend zu einer räumlichen Unabhängigkeit des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes, wenn die logistischen Voraussetzungen stimmen. Parallel steigt durch die Trennung von Wohnen und Arbeiten der Individualverkehr. Beides ist verbunden mit einem *Anstieg der Nutzung fossiler E*nergie.

Die zunehmende Trennung von Diversifizierung in der Arbeitswelt führt jedoch auch zu einer vermehrten Nachfrage von Endenergie, da in urbanen Strukturen der Dienstleistungssektor stark zunimmt. Beispiele hierfür sind z.B. Hotel-, Gaststätten, Veranstaltungsbetriebe, aber auch der gesamte Bereich der Informationstechnologie zu nennen. Die mit zunehmender Lebensqualität steigenden Ansprüche an die Arbeits- und Wohnwelt, vor allem jedoch an die Freizeitgestaltung. manifestiert sich z.B. in höherem Flächenverbrauch für Wohnzwecke (Stadtdomizil, Ferienhaus), was neben dem privaten Autoverkehr, ebenfalls mit einer vermehrten Endenergienutzung einhergeht (Beheizung/Klimaanlagen von Einfamilienhäusern oder Einkaufszentren). Zugleich mindert ein verstärktes Umweltbewusstsein die schädigenden Einflüsse auf die Umwelt und begünstigt die Nutzung nachhaltig gewonnener Energieträger.

Erweiterter Syndromkern: Suburbia-Syndrom



3.13 Singuläre anthropogene Umweltkatastrophen mit längerfristigen Auswirkungen - Das HAVARIE-SYNDROM

3.13.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

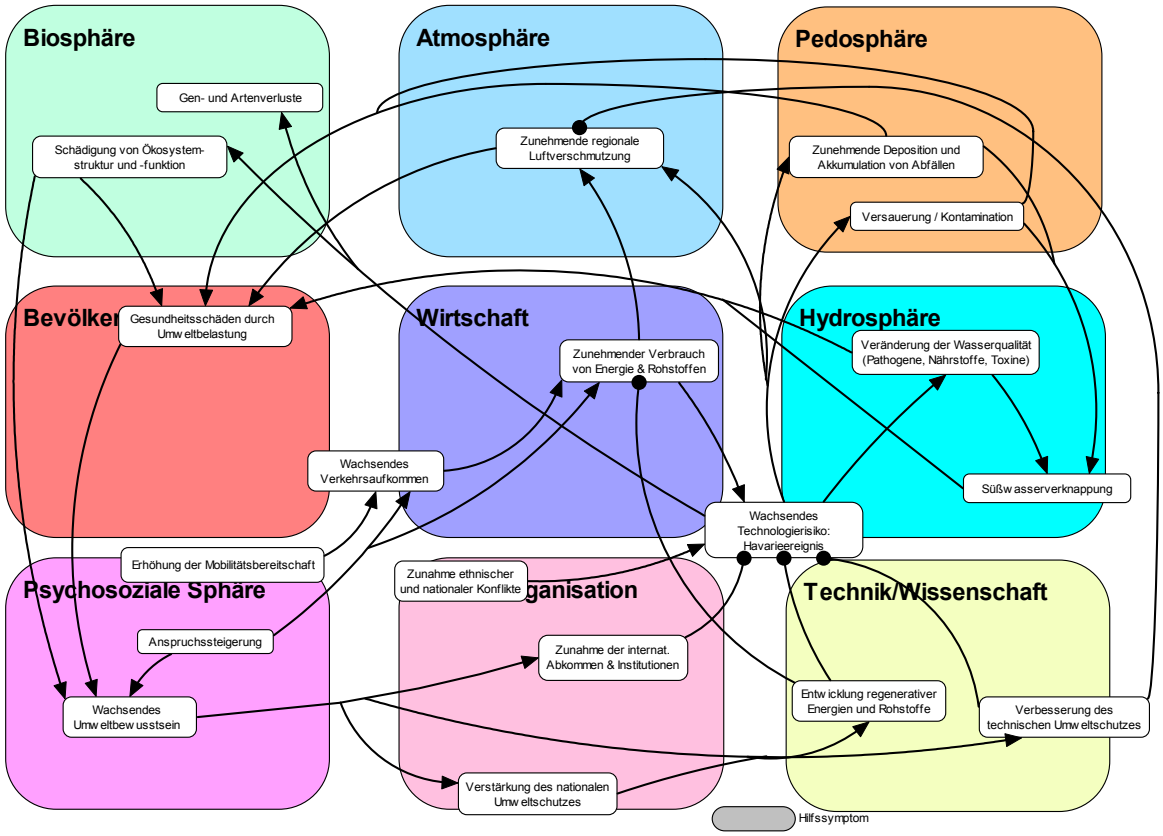
Im Mittelpunkt des HAVARIE-SYNDROMS steht die zunehmende Gefährdung der Umwelt durch lokale, singuläre Katastrophen, die durch das Wirken des Menschen verursacht werden, wobei häufig die Haftung für mögliche Schäden begrenzt ist bzw. Defizite aufweist. Derartige Ereignisse mit geringer Wahrscheinlichkeit, aber schwerwiegenden, oftmals die nationalen Grenzen überschreitenden Auswirkungen sowie die weltweiten Perspektiven zur Störfallvermeidung scheinen im Rahmen des Globalen Wandels an Bedeutung zu gewinnen. Die Steigerung der weltweiten Transportleistung und der lokal zunehmende Bedarf an Energie und Rohstoffen erhöhen die Gefährdung durch Tankerunfälle oder allgemein Umweltkatastrophen durch den Transport von gefährlichen Gütern. Neben dieser Kategorie besteht ein hohes Gefährdungspotential durch Störfälle in industriellen Prozessen. Insbesondere Anlagen, die in Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländern betrieben werden, sind anfällig, da dort die Sicherheitsauflagen und ihre Durchsetzung weniger restriktiv sind und zudem oft ein angemessenes Katastrophenmanagement fehlt. Häufig finden sich Gefährdungen durch unzureichende Wartung von Industrieanlagen. Hierzu gehören die Vielzahl von veralteten und nicht mehr dem Stand der Technik entsprechenden Kernkraftwerken, Chemie- und anderen Industrieanlagen in Schwellen-, Transformations- und Entwicklungsländern. Unter das Havarie-Syndrom wird auch die weltweite Verschleppung von Arten mit unvorhersehbaren, teilweise katastrophalen Konsequenzen für andere Ökosysteme eingeordnet. Die resultierenden Umweltdegradationen können vom Aussterben endemischer Arten, der Habitatzerstörung durch Massenvermehrung eingeschleppter Arten bis hin zur Gefährdung von Ökosystemstruktur und -funktion durch die irreversible Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen reichen. Beispiele für das Havarie-Syndrom sind weithin bekannt, da durch die punktuellen und aktuellen Schädigungen ein hohes Medieninteresse besteht. Namen wie Seveso, Tschernobyl, Exxon Valdez und Bhopal stehen für dieses Syndrom, mit teils kontinentweiten Schäden an Mensch und Natur. Das bekannteste Beispiel für Artenverschleppung ist wohl die Einfuhr von Kaninchen nach Australien, was nach extremer Populationsentwicklung schwere Habitatzerstörungen und nachfolgend Bekämpfungsmaßnahmen ausgelöst hat, die ihrerseits Gefährdungen für die einheimische Tierwelt mit sich brachten. Symptome: Verlust biologischer Vielfalt, Ökosystemdegradation, Kontamination von Boden, Wasser und Luft, Gesundheitsgefährdung. Das HAVARIE-SYNDROM umfasst nicht die Umweltfolgen durch die bewusste Zerstörung technischer Einrichtungen in Kriegen und durch Terroranschläge. Diese fallen unter das VERBRANNTE-ERDE SYNDROM.

3.13.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Die Kernmechanismen des Syndroms nehmen ihren Ausgang im Bestreben von Ländern und Unternehmen, wirtschaftlich zu wachsen. Dieses Bedürfnis wird meistens mit *Wachsendem Energie- und Rohstoffverbrauch* befriedigt. Da die Vorräte von fossilen und nuklearen Energieträgern wie auch die Vorräte anderer Rohstoffe meistens nicht global gleichförmig verteilt gelagert sind, *wächst das Transportaufkommen*. Sowohl die großtechnische Umwandlung der Rohstoffe in Endprodukte (hier zu Strom und Wärme in Kraftwerken) als auch der Transport der Rohstoffe befördern prinzipiell das *Wachstum des Technologierisikos*. Insbesondere in Industrieländern wirken jedoch *wachsendes Umweltbewusstsein* und *technische Standards* diesen Risiken entgegen. Insgesamt ergibt sich das Bild, dass zwar der überwiegende Teil von Industrieunfällen in Industrieländern stattfindet; der

Schaden, z.B. gemessen an der Zahl der Todesopfer, jedoch in Entwicklungsländern größer ist. Lange Zeiten ohne Unfälle können jedoch die Sensibilisierung für die Risiken senken und das Technologierisiko wieder steigern. Die Auswirkungen von Havarien reichen von der *Kontamination von Boden, Luft und Wasser* bis zum *Verlust der biologischen Vielfalt* und *Ökosystemdegradation*. Am Ende der Wirkungskette steht oft auch die *Gesundheitsgefährdung* von Menschen. Beim Bruch von Staudämmen, Nuklear- oder Chemieunfällen sind Menschenleben direkt bedroht.

Erweiterter Syndromkern: Havarie-Syndrom



3.14 Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen - Das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM

3.14.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das Syndrom gehört zur Gruppe der Senken-Syndrome (siehe ebenfalls MÜLLKIPPEN- und ALTLASTEN-SYNDROM) in denen die Ökosphäre als Senke für anthropogenen Nutzungsprodukte genutzt wird. Das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM umfasst den Mechanismus der Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen. Es beschreibt die Fern- und Nahwirkung von stofflichen Emissionen nach Entsorgung in die Umweltmedien Wasser und Luft. Strategie ist hier, die unerwünschten Stoffe durch möglichst feine Verteilung bzw. durch starke Verdünnung problemlos zu entsorgen. Die Umweltdegradation erfolgt über weiträumige, diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen mit der Intention einer Diffusion der Schadstoffe in den Umweltmedien Luft und Wasser, wodurch die Toxizität auf eine unschädliches Maß reduziert werden soll. So werden durch Schornsteine Luftschadstoffe nicht beseitigt, sondern das Problem lediglich auf andere, industriefernere Bereiche verlagert. Dies gilt in einem ähnlichem Maße für die „Entsorgung“ von Produktionsrückständen und Schadstoffen über den Abwasserpfad und vor allem die Emission von Treibhausgasen. Die emittierten Schadstoffe wirken dann in anderen Regionen direkt auf Lebensgemeinschaften oder reichern sich im Ökosystem an. In der Umweltwirkung kann grundsätzlich unterschieden werden, ob die Schadstoffe nach Verteilung in der Umwelt direkte Wirkungen auf die Lebensgemeinschaften entfalten, oder ob sie sich über Bioakkumulation anreichern. Da dieses Muster weltweit verbreitet ist und für verschiedene Umweltmedien gleichzeitig gilt, kommt ihm eine relativ hohe globale Relevanz zu. Beispiele sind die Verteilung von Luftschadstoffen durch den Bau von hohen Schornsteinen oder auch die Einleitung von flüssigen Schadstoffen in Meere oder Fließgewässer.

Diese Prozesse führten im Bereich der Mittel- und Osteuropäischen Wälder, aber auch in Industrieregionen Chinas und Russlands (z. B. die Region Norilsk) zu großen Schäden. Dabei werden Ökosysteme über eine Verminderung der biologischen Vielfalt im Zug von Schwefelemissionen in ihrer ökologischer Struktur und Leistung beeinträchtigt, was zu einer Reduktion von Wäldern und Feuchtgebieten führt. Dieses, in der Öffentlichkeit als „Saurer Regen“ bekannte Phänomen, führte Anfang der 70er Jahre zu einem ersten spürbaren Erwachen des Umweltschutzgedankens in Deutschland. Die Bilder über die kahlen Gipfel des Erzgebirges hatten eine signalgebende Wirkung auf die Perzeption von Umwelt in der deutschen Öffentlichkeit. Die Schädigungen, die durch dieses Syndrom hervorgerufen werden, erfolgen vor allem über die Bioakkumulation von Schwefel- und Stickstoffverbindungen aus dem Ferntransport der Schadstoffe. Entscheidend ist hier das Phänomen der Bodenversauerung. Säuren und Säurebildner, die in Folge von Troposphärenverschmutzung und der Verschmutzung von Fließgewässern durch Schwefel- und Stickstoffverbindungen eingetragen werden, bewirken im Boden Nährstoffverluste durch verstärkte Auswaschprozesse und die Freisetzung von ökotoxischen Stoffen. Die wichtigsten Bereiche für die anthropogenen Emissionen dieser Stoffe sind die Energiewirtschaft mit ihren Kraft- und Fernheizwerken, der Verkehr sowie die Landwirtschaft. Zudem trägt die Zufuhr der säurebildenden Nährstoffe Ammonium und Nitrat zur Eutrophierung durch ein Stickstoffüberangebot bei.

3.14.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Die Wirkung des Syndroms erfolgt entweder lokal (Staub, Benzol, Ruß), regional ("Versauerung, Kontamination",) oder global (globaler und regionaler Klimawandel, Reduktion stratosphärischen Ozons, Emission von persistenten, organischen Verbindungen [POPs]). Der Ferntransport erfolgt über die Atmosphäre oder über Fließgewässer.

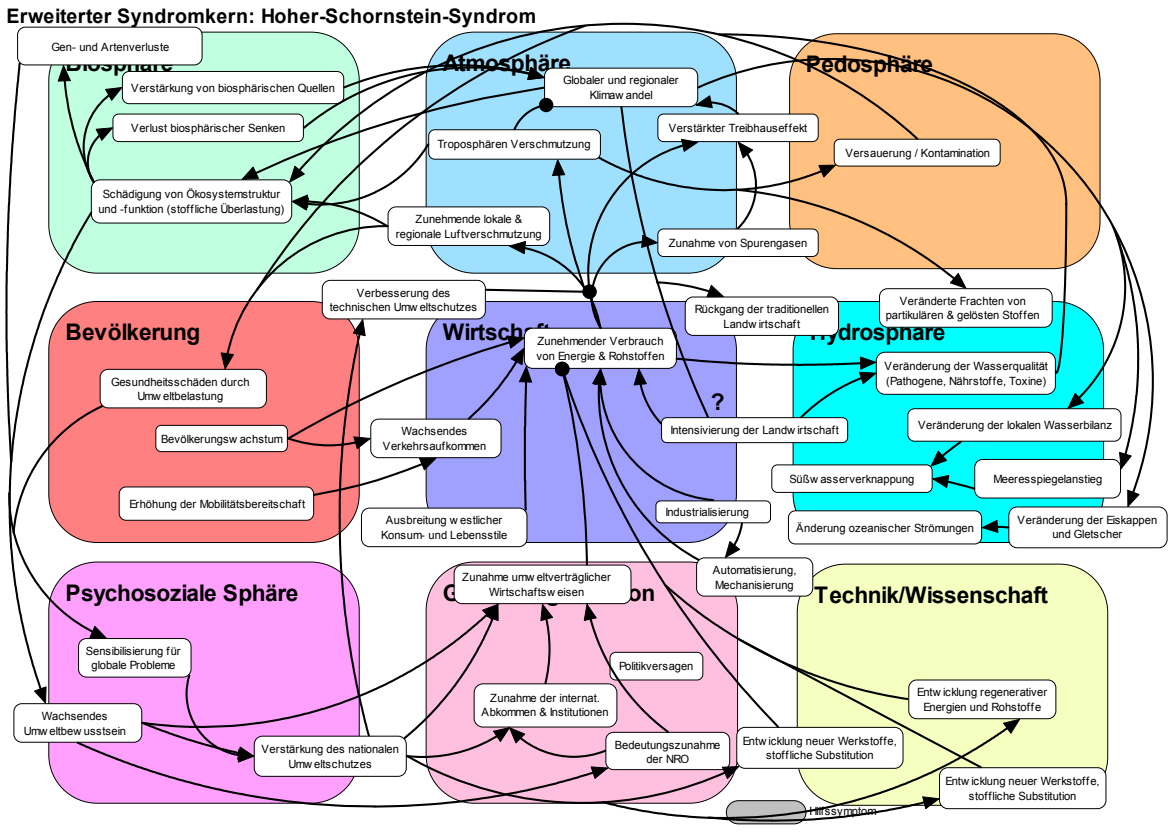
Die atmosphärische Emission von Benzol, Ruß und Aerosolstäuben aus industriellen Verbrennungsprozessen, Kraftwerken und Verkehr führt über die Anreicherung in Organismen zu direkten ökotoxischen Wirkungen. Hauptsymptom ist hier die *zunehmende lokale Luftverschmutzung,* die über eine direkte Schadwirkung auf Organismen zur *stofflichen Überlastung natürlicher Ökosysteme* und zum *Gen- und Artenverlust* sowie zu *zunehmenden Gesundheitsschäden* führt. Hauptursache dieser Ausprägung ist der *zunehmende Verbrauch fossiler Energie.* Wegen der unmittelbaren Wirkung und Wahrnehmbarkeit führt sie in Industriestaaten und zunehmend auch in Schwellenländern zu einem *wachsenden Umweltbewusstsein,* das zur *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes*, der *Entwicklung neuer Werkstoffe und Prozesse*, sowie zu einer *Zunahme umweltverträglicher Wirtschaftsweisen* führen kann. Meist wirkt sich das in einer Einführung von *„end-of-the-pipe-Technologien“* aus (z.B. Filter für Kraftwerke, Katalysatoren.

Die Emission von POPs und Schwermetallen führt nach Eintrag in die Hydro- und Atmosphäre über eine direkte Schadwirkung auf Organismen zur *stofflichen Überlastung natürlicher Ökosysteme* und zum *Gen- und Artenverlust* sowie zu *zunehmenden Gesundheitsschäden* führt. Hauptsymptome sind *Troposphärenverschmutzung* und *Veränderung der Wasserqualität*. Die Wirkungen auf den Menschen (*Zunehmende Gesundheitsschäden)* sind nur unvollständig bekannt (z.B. die mögliche Störung der menschlichen Reproduktionsfähigkeit). Wichtige Ursachen sind die *Intensivierung der Landwirtschaft* (Pestizide), *Industrialisierung, wachsendes Verkehrsaufkommen.*

Die Ausprägung des „*Sauren-Regens*“ tritt vorwiegend regional auf. Die in großen Mengen emittierten Verbindungen von Stickstoff (NH_3, NO_X) und Schwefel (SO_X) nehmen eine Schlüsselposition bei der Veränderung biogeochemischer Kreisläufe durch den Menschen ein. Säurebildner und Nährstoffe werden in die Atmosphäre eingetragen und reichern sich im Boden an. Hauptsymptom ist hier die *Troposphärenverschmutzung,* die zur *Versauerung/Kontamination* und zu *veränderten Frachten von partikulären und gelösten Stoffen* sowie direkt zur *stofflichen Überlastung natürlicher Ökosysteme* führt. Eine Wechselwirkung zum *Globalen Klimawandel* besteht in der kühlenden Wirkung der Aerosole. Direkter Hauptverursacher ist *der zunehmender Verbrauch fossiler Energie*. Die Auswirkungen führen zu *wachsendem Umweltbewusstsein* (in Deutschland angestoßen über „Waldsterben“), was wiederum zur *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes* führt und zur *Zunahme internationaler Abkommen*. Diese Symptome beschränken die *Troposphärenverschmutzung* über eine Hemmung des *Politikversagens*, ebenso wie über Fortschritte in Wissenschaft und Technik *(Entwicklung regenerativer Energien und Rohstoffe, Entwicklung neuer Werkstoffe und Prozesse*.

Die Emission und damit die *Zunahme von Spurengasen* durch die Verbrennung fossiler Energieträger führt zu einer Störung der globalen Strahlungsbilanz, damit zum *verstärkten Treibhauseffekt* und *zum globalen Klimawandel.* Folgen sind in nahezu allen Sphären zu beobachten bzw. zu erwarten: Zunehmende Wetterextreme führen zu Schäden an sozialen und ökonomischen Systemen, wie sie etwa als Folge von zunehmenden Fluten und Dürren bereits heute in einigen Regionen beobachtet werden können. Zu beobachtende, bzw. zu erwartende Auswirkungen in der Hydrosphäre sind: *Veränderung der lokalen Wasserbilanz, Meeresspiegelanstieg* (diese beiden Trends bewirken wiederum eine *Süßwasserverknappung*), *Änderung ozeanischer Strömungen, Veränderung der Eiskappen und Gletscher.* Dazu sind direkte Wirkungen auf die Biosphäre, wie die *Schädigung von*

Ökosystemstruktur- und funktion vieler Ökosysteme zu beobachten bzw. zu erwarten, teilweise aber auch vermittelt über die hydrosphärische Wirkung. Diese Schädigung wiederum bewirkt einen *Gen- und Artenverlust* und den *Verlust biologischer Senken* sowie die *Verstärkung biosphärischer Quellen.* Letztere ergeben eine positive Rückkopplung, da sie wiederum den *globalen Klimawandel* verstärken. Diese Schädigungen können irreversibel sein, beispielsweise bei Korallenriffen, Mangroven, borealen und tropischen Wälder, sowie bei polaren und alpinen Ökosysteme. Wirkungen auf Bevölkerung und Wirtschaft treten in den Bereichen Wasserressourcen, Landwirtschaft (Gefährdung der Ernährungssicherheit in weiten Teilen der Entwicklungsländer), Waldwirtschaft, Fischerei, Küstenzonen, Energie, Industrie, und Versicherungsleistungen auf. Die Beeinträchtigung der Nahrungsmittelproduktion in Entwicklungsländern ist im BZG dargestellt über den *Rückgang der traditionellen Landwirtschaft*. Potenzielle Getreideerträge werden in den meisten tropischen und subtropischen Regionen schon bei geringen Erwärmungen zurückgehen. In anderen Regionen insbesondere in den Industriestaaten sind bei nur moderater Erwärmung von wenigen Grad Celsius positive Effekte auf die landwirtschaftliche Produktion zu erwarten (*Intensivierung der Landwirtschaft)*. Bei einer Erwärmung von mehr als wenigen Grad Celsius kommt es allerdings auch hier zu einer Reduktion von Erträgen. Für die Menschen in Gebieten mit Wasserknappheit, insbesondere in den Subtropen, wird sich die Wasserverfügbarkeit mindern (*Süßwasserverknappung)*. Die *Zunahme von Wetterextremen* führt zu einer Zunahme des Flutrisikos für viele Siedlungen. Siedlungen sind direkt betroffen durch die Schädigung von physischer Infrastruktur (beispielsweise Energie). Insbesondere Siedlungen in Küstennähe und an Flüssen sind gefährdet. Die Schäden werden durch die schnelle Urbanisierung und das Bevölkerungswachstum insbesondere in Küstengebieten verstärkt. Besonders gefährdet sind informelle Siedlungen (Favelas, Shanty Towns, Slums). Das größte Risiko entsteht durch die Zunahme von Fluten und Erdrutschen. Permafrostgebiete müssen bei Schmelzen des Permafrosts mit schweren Schäden an Gebäuden und Transportinfrastruktur rechnen. Der Klimawandel bewirkt auch *zunehmende Gesundheitsschäden*, beispielsweise die Verbreitung von Malaria.



3.15 Der Umweltverbrauch durch geregelte und ungeregelte Deponierung zivilisatorischer Abfälle - Das MÜLLKIPPEN-SYNDROM

3.15.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

Das MÜLLKIPPEN-SYNDROM beschreibt den weltweit zunehmenden Bedarf an kontrollierter Entsorgung von Rest- und Abfallstoffen. Im Gegensatz zum HOHER-SCHORNSTEIN-Syndrom, wo eine Minimierung der Umweltbelastung durch „Verdünnung“ in Luft oder Wasser erreicht werden soll, stehen hier eine „Lokalisierung“, Verdichtung und Anreicherung im Vordergrund. Die Abfallstoffe werden konzentriert in möglichst kleinräumigen Anlagen zusammengefasst und so gut wie möglich von der Umwelt abgeschottet. Während 1970 allein in den alten Bundesländern noch über 50.000 Müllkippen benutzt wurden, sollen in Zukunft in der Bundesrepublik nur noch etwa 350-450 zentrale Großdeponien betrieben werden. Durch diese Zusammenführung lassen sich aufwendige Systeme realisieren (z.B. Deponieabdichtungen, unterirdische Ableitungssysteme, Absaugeinrichtungen für Deponiegas, intelligente Überwachungssysteme). Letztlich weiß jedoch niemand, wie lange solche Systeme bei nicht gebundenen Schadstoffen aufrechterhalten werden können. Die Haltbarkeit der Deponieabdichtungen sowie die einsetzenden chemischen Zersetzungsprozesse mit den dadurch entstehenden Produkten sind Unsicherheitsfaktoren. So entstehen zum Beispiel in der Nähe der afrikanischen Ballungszentren riesige Abfalldeponien, die als „tickende Zeitbomben“ beschrieben werden können. Diese Deponien bestehen nur zum aus dem Müllaufkommen dieser Länderund ihrer urbanen Zentren. Der teils legale, teils illegale Transport von Sondermüll aus den Industrienationen gerade in die Länder Afrikas hat in den letzten Jahren Schlagzeilen gemacht. Hier entsteht ein großes Gefahrenpotential, da gerade in den Ländern des Südens keine ausreichenden Sicherungsmaßnahmen auf den Deponien vorhanden sind, um langfristig mit den teils hochtoxischen Abfallprodukten aus den Industrienationen umgehen zu können. Aber schon der „eigene“ Müll birgt große Probleme gerade in den entstehenden Megacities der Entwicklungs- und Schwellenländer. In der Nähe von Manila hat eine riesige Müllhalde als „Smokey Mountain“ traurige Berühmtheit erlangt, als es zu großen Mülllawinen kam, die viele der teils auf der Müllhalde lebenden Menschen das Leben kostete. Heute findet man in der Nähe der großen Besiedlungsgebiete aller Kontinente dieses Syndrom. Die Kontamination von Grund- und Trinkwasser, Boden und Luft sind je nach lokalen Umweltstandards eine Folge, zudem bindet die Deponierung auch über lange Zeiträume finanzielle und personelle Mittel, da notwendige Sanierungen nur eine Frage der Zeit sind. Die Deponierung von radioaktivem Sondermüll hat bezüglich des Zeithorizonts eine Sonderstellung: die Lagerstätten müssen über mehrere Jahrtausende hinweg von der Umwelt vollständig abgeschlossen bleiben, was eine bislang ungelöste technische, vor allem aber gesellschaftliche Herausforderung darstellt.

3.15.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

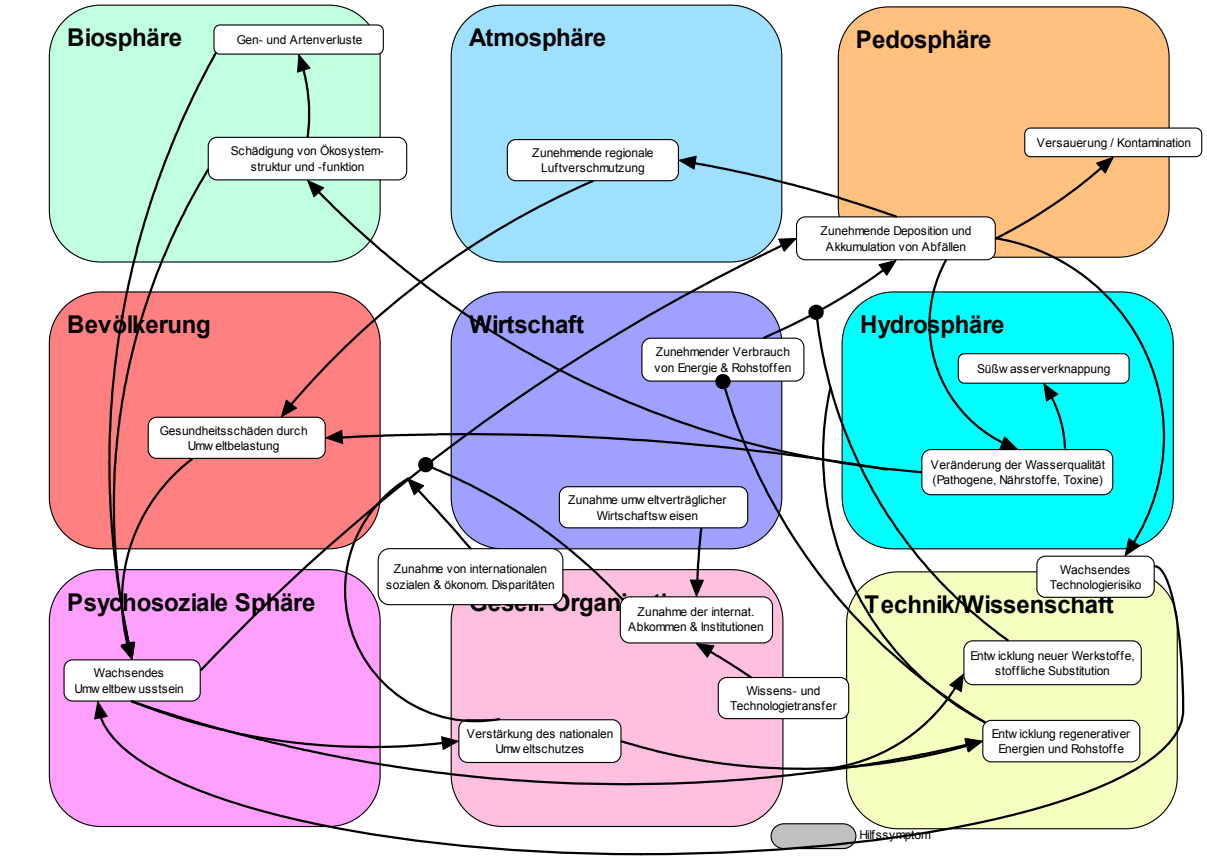
Zum Kernmechanismus des MÜLLKIPPEN-SYNDROMS gehört der zunehmender Materialdurchfluss der globalen Ökonomie, durch die *wachsenden Nachfrage nach Energie und Rohstoffen*. Hauptfolge des wachsenden Verbrauchs ist die *zunehmende Deposition und Akkumulation von Abfällen*. Folgenwirkungen dieser Deponierung dehnen sich unmittelbar vor allem auf die Pedosphäre, die Hydrosphäre und die Atmosphäre aus: hier sind vor allem die *Kontamination von Böden*, die *Veränderung der Wasserqualität (Toxine)*, sowie eine *zunehmende regionale Luftverschmutzung* zu nennen. Mittelbare Auswirkungen sind *Gesundheitsgefährdung* durch die Kontamination von Grund- und Trinkwasser sowie Auswirkungen in der Biosphäre wie *die Schädigung von Ökosystemstruktur und –funktion* bis hin zur *Änderung der Artenzusammensetzung*. Im Zuge der verstärkten Recyclingbewegung in

den Industrieländer kommt es über die *Entwicklung regenerativer Energien und Rohstoffe* sowie die *Entwicklung neuer Werkstoffe,* und die *stoffliche Substitution* zu einer Abschwächung der *wachsenden Nachfrage nach Energie und Rohstoffen* und der *zunehmenden Deposition und Akkumulation von Abfällen.*

Der Spezialfall des Müllexports von Industrieländer in Entwicklungs- und Schwellenländer kann durch folgenden Mechanismus beschrieben werden: das *wachsende Umweltbewusstsein* in Industrieländer und die *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes* in Industrieländer führte in den 70-80ern zu steigenden Entsorgungskosten für Sonder-Abfälle. Dies führte unter der *Zunahme internationalen sozialen und ökonomischen Disparitäten* zu einem zunehmenden Müllhandel. Dies bewirkte letztlich die Verabschiedung der Basler Konvention (*Zunahme der internationalen Abkommen und Institutionen*), wobei ein *Wissens- und Technologietransfer* und die *Zunahme umweltverträglicher Wirtschaftsweisen* vereinbart wurde.

Im Fall der Erzeugung radioaktiver Abfälle durch die Kernenergie, bei der Isotopen mit sehr langer Halbwertzeit entstehen erfolgt die Deponierung unter hoher Sicherheitsauflagen in Spezialstandorten Es ergibt sich folgender Sekundärmechanismus: Die weiterhin ungeklärten Fragen des Gefahrenpotentials radioaktiver Abfälle stellt ein *wachsendes Technologierisiko* dar. Die ist ein wesentlicher Antrieb für das *wachsende Umweltbewusstsein* in allen westeuropäischen Staaten, was wiederum zur *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes* und, zusammen mit anderen Faktoren, zum Ausstieg aus der zivilen Kernenergienutzung in Deutschland führte.

Erweiterter Syndromkern: Müllkippen-Syndrom



3.16 Die lokale Kontamination von Umweltschutzgütern an vorwiegend industriellen Produktionsstandorten - Das ALTLASTEN-SYNDROM

3.16.1 Kurzbeschreibung des Syndroms

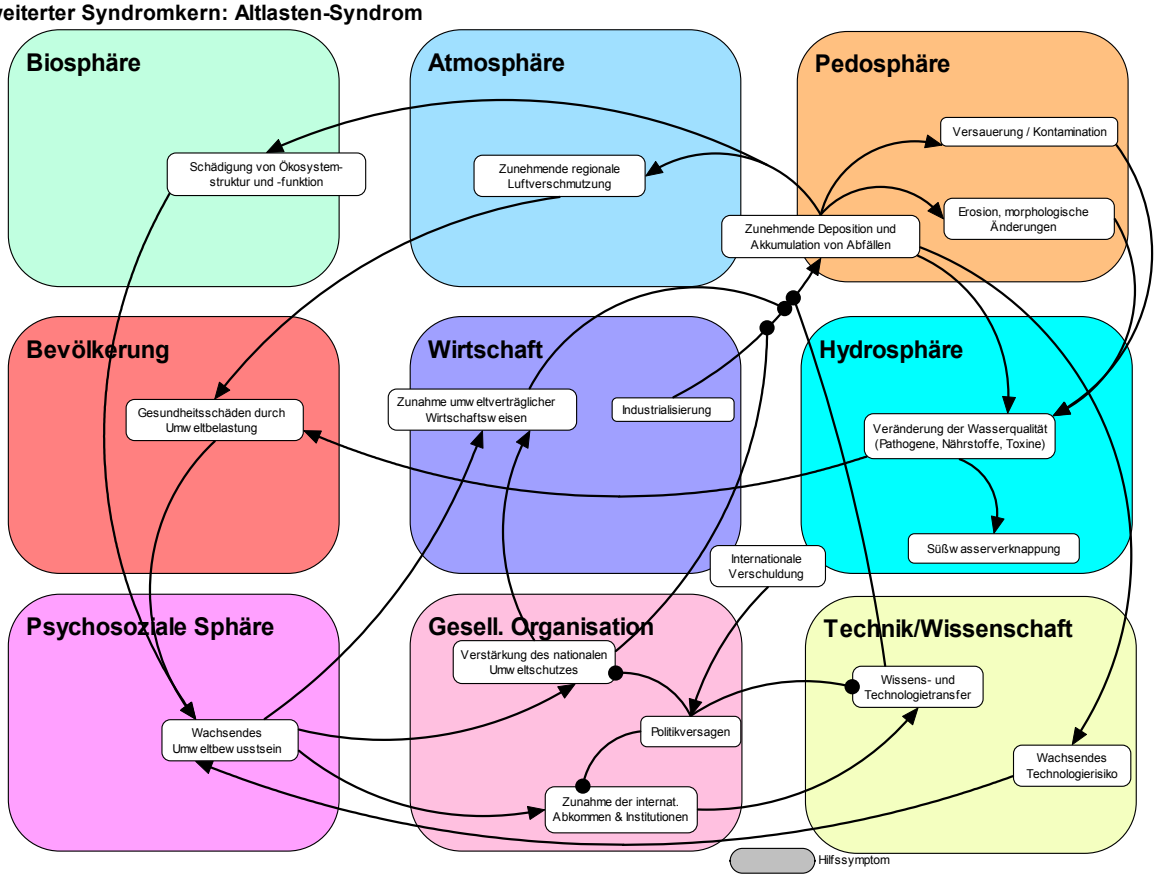
Das ALTLASTEN-SYNDROM kennzeichnet Standorte und Regionen mit akkumulierten Einträgen von Schadstoffen in Böden oder in den Untergrund, die menschliche Gesundheit und die Umwelt gefährden. Altlasten finden sich meist an Standorten und in Regionen mit ehemaligen industriellen, gewerblichen oder militärischen Aktivitäten. Aber auch auf verlassenen und stillgelegten Ablagerungsplätzen Siedlungs- und Gewerbeabfällen sowie mit umweltgefährdenden Produktionsrückständen sind sie anzutreffen. An den durch die Schadstoffakkumulationen betroffenen Standorten können sich ökologische, ökonomische und soziale Folgen ergeben und auch überlappen. Vor allem findet sich dieses Syndrom in Ballungsräumen, in denen großindustrielle Anlagen, z.B. der Schwerindustrie, Chemieindustrie, des Bergbaus betrieben und die Entsorgung sowie die Umweltbelange bei der Produktion aus unterschiedlichen Gründen nicht ausreichend beachtet wurden. Mehrere hunderttausend Flächen mit zusammen mehrere 100.000 ha. sind weltweit eindeutig als sanierungsbedürftig eingestuft und registriert. Ein Beispiel für dieses Syndrom ist der Ballungsraum um Bitterfeld (Sachsen-Anhalt). Die Dunkelziffer dieser Flächen liegt vermutlich weit darüber. Gesicherte Daten gibt es selbst für Europa nicht. Weltweit können jedoch Brennpunkte dieses Syndroms identifiziert werden, wie z.B. Cubatao (Brasilien), das Donez-Becken Ukraine), Kattowitz (Polen), Wallonien (Belgien), die Region Manchester-Liverpool-Birmingham (Großbritannien), oder auch Pittsburgh (USA).

3.16.2 Beschreibung der zentralen Wechselwirkungen

Zu den Kern-Symptomen der Umweltdegradation durch Altlasten gehören die Phänomene der *zunehmenden Deposition und Akkumulation von Abfällen*, der *Versauerung und Kontamination* von Böden und Grundwasser durch diffuse oder punktuelle Einträge langlebiger Schadstoffe sowie *Erosion bzw. morphologischen Änderungen* vor allem in Folge des Bergbaus. Direkte Auswirkungen dieser Symptome sind die *Veränderung der Wasserqualität* durch Toxine und pathogene Stoffe sowie die *zunehmenden Gesundheitsschäden* bei Menschen, Tieren und Pflanzen, einhergehend mit der *stofflichen Überlastung natürlicher Ökosysteme* und letztlich der *zunehmenden lokalen Luftverschmutzung*, die sich aus den Altlasten-Abgasen ergibt. Diese direkten Auswirkungen haben Sekundärfolgen im Bereich der *Süßwasserverknappung* in der Nähe von Großstädten, der *Schädigung von Ökosystemstruktur und –funktion*, sowie in einem Verlust von potentiellen Siedlungs- und Agrarflächen. Des Weiteren steigt das von den Altlasten ausgehende *Technologierisiko* an. Als Syndromabschwächend wirkt ein *wachsendes Umweltbewusstsein,* dass wiederum politische Prozesse in Gang setzt, die sich dämpfend auf zahlreiche Symptome auswirken.

Zu den weiteren indirekten Ursachen zählen politische und ökonomische Phänomene wie das *Politikversagen*. In diesem Fall bezieht es sich vor allem auf das Fehlen von Gesetzen in den meisten Ländern, die Finanzknappheit für Präventions- und Sanierungsmaßnahmen oder die Korruption. Vor allem die Gegenstrategie einer *Verstärkung des nationalen Umweltschutzes* schwächt die nicht nachhaltigen Folgen der *Industrialisierung*. Im Bereich Technik und Wissenschaft kann vor allem das durch *Wissens- und Technologietransfer* das fehlende Know-how zu Präventions-, Flächenrecyclings-, Sanierungs- und Dekontaminationstechniken auch an die Entwicklungs- und Schwellenländer weitergegeben werden.

Erweiterter Syndromkern: Altlasten-Syndrom



4 Raubbau an natürlichen Ökosystemen - Das RAUBBAU-SYNDROM

Im Folgenden werden am Beispiel des RAUBBAU-SYNDROMs die verschiedenen Stufen einer indikatorbasierten Syndromanalyse vorgestellt. Diese Analyse umfasst die verbale Beschreibung des Syndrommechanismus, die formale Umsetzung in ein syndromspezifisches Beziehungsgeflecht sowie die räumliche Dispositions- und Intensitätsbestimmung.

4.1 Allgemeine, verbale Charakterisierung des Syndroms

Das RAUBBAU-SYNDROM beschreibt die rasche, bis zur Zerstörung bzw. Ausrottung reichende *Übernutzung nachwachsender Ressourcen*[3] sowie die *Degradation bzw. Vernichtung von Ökosystemen* auf Grund kurzfristiger Nutzungsinteressen. Irreversible *Verluste an Biodiversität* sind die primäre Folge. Verluste für den Menschen treten teils unmittelbar, teils zeitlich versetzt und diffus auf (WBGU 2000). Von diesem Syndrom sind vor allem die globalen Waldökosysteme betroffen. Die Überweidung von Steppen, die Ausrottung von Tier- und Pflanzenarten oder die Überfischung der Weltmeere sind weitere Beispiele einer nicht-nachhaltigen Naturnutzung, die sich nach dem typischen Muster des RAUBBAU-SYNDROMS vollzieht (WBGU 1996, 2000; Cassel-Gintz 2001).

4.1.1 Die verschiedenen Erscheinungsformen des Raubbau-Syndroms

Die historischen Beispiele aus verschiedenen Regionen und Umweltmedien zeigen die ganze Vielfalt der menschgemachten Naturzerstörung auf. Die in ihnen auftretende Form der Mensch-Natur-Interaktion folgt dem typischen Muster des RAUBBAU-SYNDROMS.

Das RAUBBAU-SYNDROM tritt in der menschlichen Entwicklungsgeschichte bereits sehr früh auf. Schon in der Antike wurde beobachtet, dass in Folge einer schnellen, die Regenerationsfähigkeit übersteigenden Nutzung einer nachwachsenden Ressource vielfältige negative Folgen für Natur und menschliche Entwicklung auftreten können. Ein frühes Beispiel ist die Entwaldung des Mittelmeerraums für den Schiffs- und Städtebau in der Antike. Bereits Platon berichtet in seinem Dialog *Kritias* (~350 v. Chr.) über die Entwaldung der attischen Hänge für Siedlungszwecke und Schiffbau, wodurch die Bodenschicht der Wassererosion schutzlos preisgegeben wurde und von einer einst blühenden Landschaft nur noch das *„kahle Gerippe“* übrig blieb. Ein weiteres historisches Beispiel ist der Raubbau an den Wäldern Sachsens zum Ausbau der Erzgruben sowie für die Holzkohlegewinnung zum Betreiben der Schmelzhütten. Die Umgebung der sächsischen Bergbaustädte waren im 17. Jahrhundert durch den Jahrhunderte alten Raubbau weitgehend kahl geschlagen, was den sächsischen Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz (1645 - 1714) zur Entwicklung des Nachhaltigkeitsgedanken in der deutschen Forstwirtschaft führte. In der Mitte des 19. Jahrhunderts machten Autoren wie Carl Fraas oder Georg Perkins Marsh speziell auf den Raubbau an Waldressourcen und seine negativen Folgen im Bereich der Bodendegradation aufmerksam (Schramm 1984, Brüggemeier 1998).

Die fast vollständige Ausrottung der nordamerikanischen Büffel wegen ihrer Felle im letzten Jahrhundert ist ein Beispiel für eine andere mediale Ausprägung des RAUBBAU-SYNDROMS. Hier wurde der Bestand einer Tierart auf Grund kurzfristiger ökonomischer Interessen in kürzester Zeit bis auf ein Minimum reduziert. Ähnlich führte der bis heute anhaltende industrielle Walfang in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer kritischen Dezimierung der Bestände der meisten Walarten. Noch heute

[3] Symptome des Globalen Wandels werden im Folgenden *kursiv mit Serifen* dargestellt.

gelten - allen internationalen Schutzabkommen zum Trotz - Wale vielerorts als kurzfristig lukrativ verwertbare, ökonomische Ressource, so dass ihr Fortbestand keineswegs als gesichert gelten kann. Auch der Handel mit einzelnen Tier- und Pflanzenarten hat in einzelnen Fällen zu erheblichen Eingriffen in das jeweilige Ökosystem geführt, weshalb heute ca. 5 000 bedrohte Tier- sowie 25 000 Pflanzenarten durch das *Washingtoner Artenschutzabkommen* (CITES) geschützt werden. Der zum Teil internationale Handel bedient hier oft eng mit Kultur, Lebensweise oder Tradition verbundene, spezifische Bedürfnisse. So erfolgt besonders im südostasiatischen Raum eine starke Dezimierung von Tierarten, wie Tiger oder Nashorn, zur Gewinnung traditioneller Heilmittel. In jüngerer Zeit führt auch die Verwendung von Heilpflanzen für in Europa gebräuchliche Pharmazeutika zu einer ernsthaften Bedrohung einzelner Arten (WRI 1997a). Der Wunsch nach Luxusgütern triebt nach wie vor den Handel mit Elfenbein, Reptilienhäuten oder Pelzen seltener Raubtiere an. Gemeinsam ist allen Fällen die für das RAUBBAU-SYNDROM typische Priorität kurzfristiger Nutzung ohne Beachtung der, für das Ziel der langfristigen Nutzung notwendigen Regenerationszeiten. Dieses Handlungsmuster führte und führt immer noch zur irreversiblen Ausrottung von Arten.

Das Auftreten des RAUBBAU-SYNDROMS in gleich mehreren verschiedenen medialen Ausprägungen kann derzeit in Malaysia beobachtet werden. Im Bereich der Waldökosysteme befindet es sich gegenwärtig in seiner Endphase: Nachdem besonders die Waldbestände der ökonomisch wertvollen *Dipterocarpaceae* - Familie in Sarawak und Sabah durch Holzentnahme großflächig zerstört wurden, gehen malaiische Holzfirmen in jüngerer Zeit dazu über, Einschlagskonzessionen in anderen südostasiatischen Ländern sowie in Guyana, Brasilien und Surinam zu erwerben. Dies zeigt die *räumliche Verlagerung* des in seinen langfristigen sozialen, ökologischen und ökonomischen Folgen ruinösen, aber aus der einzelwirtschaftlichen Perspektive der international operierenden Holzindustrie kurzfristig höchst lohnenden Mechanismus. Die zeitliche Persistenz wichtiger syndrominterner Strukturen ist hier sehr gut sichtbar: Holzeinschlagsfirmen und das angegliederte verarbeitende Gewerbe haben über Jahre und Jahrzehnte, unterstützt durch großzügige und ökologisch blinde Konzessionsvergabe, ein beträchtliches technisches und ökonomisches Kapital, in Form des Maschinenparks und der Sägemühlen, sowie ein großes Reservoir an abhängigen Beschäftigten der Branche aufgebaut. Die sich daraus ergebenden ökonomischen Zwänge verursachen eine Standortverschiebung im Fall der Erschöpfung der Ressourcengrundlage vor Ort. Unter dem Konkurrenzdruck einer globalisierten Holzeinschlagsindustrie verschärft sich dieser Trend bis hin zu einer transkontinentalen Ausbreitung des Syndroms.

Eine andere Ausprägung des RAUBBAU-SYNDROMS stellt die Fischereiindustrie in Malaysia dar. Traditionell war sie vor allem auf die wenig produktiven flachen Küstenzonen begrenzt. In den 70er Jahren fand eine Modernisierung und Mechanisierung der malaiischen Fischereiindustrie und Fangflotte statt. Dies erlaubte die zusätzliche Nutzung der *Offshore*-Fischgründe und führte zu drastischen Steigerungen der Fangmenge, was Malaysia zu einer der weltweit führenden Fischereinationen machte. Die Produktion erreichte in den 80er Jahren ihren Höhepunkt (ECB 1997). Auch im Bereich der ökologisch hoch-sensiblen Korallenriffe, z. B. vor Sabah (WRI 1998), findet eine starke Übernutzung küstennaher Fischbestände durch zerstörende Überfischung in Form von Dynamit- und Cyanidfischerei statt. Die Überfischung der Meere, Seen und Flüsse stellt eine ernsthafte globale Bedrohung der aquatischen Ökosysteme dar (FAO 1998; WWF 1998; Morse 1998).

Negative soziale und ökonomische Folgen für eine Region, in der das RAUBBAU-SYNDROM in der Vergangenheit aktiv war, werden am Beispiel der Philippinen sichtbar. In den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts gehörte das Land auf Grund einer äußerst exzessiven, nicht-nachhaltigen Forstpolitik zu den vier größten Holzexportnationen der Welt. Innerhalb kürzester Zeit gingen dadurch 90 % der philippinischen Wälder verloren. Das Land wurde gezwungenermaßen zum Holzimporteur

und etwa 18 Mio. Menschen, die vorher hauptsächlich in und von den Wäldern lebten, verarmten (Abramovitz & Mattoon 1999). Hier zeigt sich deutlich die enge, systemare Verknüpfung von Natur- und Anthroposphäre im RAUBBAU-SYNDROM.

Diese Beispiele verdeutlichen den *Skalenwandel* in der Problematik des RAUBBAU-SYNDROMS. Waren die Folgen früher eher auf kleinere Naturräume beschränkt und hatten primär regional begrenzten Charakter, so sind sie heute oft, wie im Falle der Überfischung und der Entwaldung, von globalem Charakter. Selbst wenn die Verluste für zukünftige Generationen nicht berücksichtigt werden und damit der Gedanke einer intergenerationellen Gerechtigkeit außer Acht gelassen wird, ist heute bereits ein wesentlich größerer Anteil der Menschheit mit den Folgen des Raubbaus an Naturressourcen konfrontiert als in den historischen Beispielen des Syndroms.

4.2 Der Mechanismus des RAUBBAU-SYNDROMS

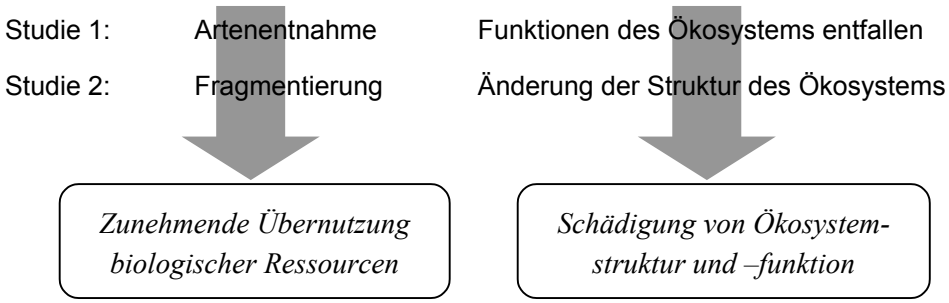
4.2.1 Von der Textanalyse zum Syndrom-Beziehungsgeflecht

Das Ziel eines syndromspezifischen Beziehungsgeflechts ist es, auf einer zu wählenden Stufe der Verallgemeinerung die wichtigsten Zusammenhänge und Wirkungsmechanismen in einem Teilgebiet des Mensch-Umwelt-Systems übersichtlich in einer formalisierten Weise darzustellen. Die Verallgemeinerungsstufe soll es ermöglichen verschiedene Regionen mit ähnlich gelagerter Problemlage vergleichbar machen zu können, ohne jedoch die für das Verständnis des Mechanismus wichtigen Elemente und Prozesse auszublenden.

Üblicherweise liegt das Wissen über ein solches Teilgebiet aus vielen verschiedenen Quellen verteilt vor. Dies gilt insbesondere, wenn unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen zum Gesamtverständnis beitragen. Betrachtet man etwa den im Raubbau-Syndrom bisher verbal beschriebenen Fall der Übernutzung biologischer Ressourcen, so wird der Aspekt der Ressourcenerschöpfung von Biologen, die Auswirkungen der Übernutzung auf die Bodenressource durch Bodenkundler und die Reaktion des „Weiterzeihens“ des Syndroms zur weiteren Gewinnerzielung von Ökonomen und das Politikversagen und die oft anzutreffende Korruption und der Lobbyismus von Soziologen oder Politologen beschrieben. Man wird also viele Texte aus unterschiedlichen Fachzeitschriften und weiteren Quellen heranziehen müssen, um sich dem Gesamtzusammenhang zu nähern.

Nun tritt neben dieser „Verstreutheit” des Wissens noch ein weiteres Problem hinzu: In den Einzeluntersuchungen werden die Phänomene aus etwas unterschiedlichen Perspektiven und in unterschiedlichen Detailauflösungen untersucht. So wird in einer Studie beispielsweise der Einfluss Entnahme bestimmter Art auf ein Ökosystem beschrieben, in einer anderen vielleicht der Einfluss von zunehmender Fragmentierung eines Ökosystems durch die Ressourcennutzung. Aus der Sicht eines Biologen oder Ökosystemforschers fallen zwar beide Prozesse in sein Fachgebiet, sind ansonsten jedoch denkbar unterschiedlich und differenziert zu behandeln. Aus der Sicht eines am Gesamtzusammenhang interessierten Forschers dagegen kann es gerechtfertigt sein, beide Prozesse verallgemeinernd unter „die *Zunehmende Übernutzung biologischer Ressourcen* bewirkt eine *Schädigung von Ökosystemstruktur und –funktion*“ zusammenzufassen, also zu „aggregieren”.

Verallgemeinerung der beobachteten Phänomene



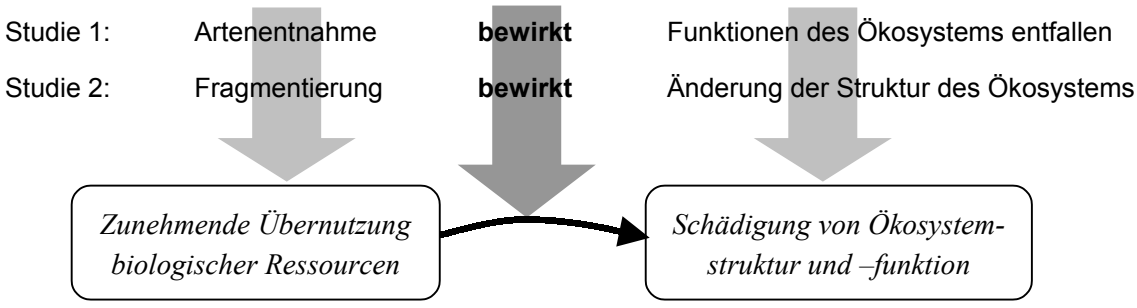
Unter *Zunehmende Übernutzung biologischer Ressourcen* wird die Artenentnahme und die Fragmentierung zusammengefasst, unter *Schädigung von Ökosystemstruktur und –funktion* die in der ersten Studie beobachteten durch die Artenentnahme hervorgerufenen Funktionsverluste des Ökosystems sowie die aus der Fragmentierung resultierende Änderung der Struktur des Ökosystems aus der zweiten Studie. Ob diese Zusammenfassung der detaillierten Phänomene unter allgemeineren Begriffen sinnvoll ist, hängt davon ab, ob die Wirkungszusammenhänge, wie sie in den einzelnen Studien festgestellt wurden sich auch auf der Ebene der verallgemeinerten Begriffe wiederfinden – was in diesem Beispiel der Fall ist.

Beim Erstellen eines Beziehungsgeflechtes sind also generell zwei Typen von „Bausteinen” auseinander zuhalten:

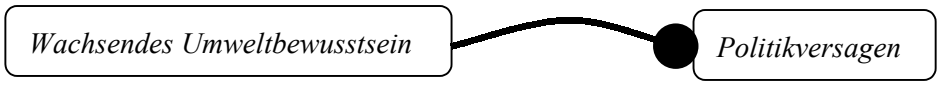
- die gegenüber den Einzeluntersuchungen (meist) verallgemeinerten Phänomene und
- die Wirkungsbeziehungen zwischen ihnen.

In der grafischen Darstellung eines Beziehungsgeflechts werden erstere als beschriftete Kästen, letztere als unterschiedlich kodierte Verbindungslinien zwischen den Kästen dargestellt.

Verallgemeinerung der beobachteten Wirkungszusammenhänge



Bei den Wirkungszusammenhängen können unterschiedliche Fälle unterschieden werden. In weiteren Studien ist nachzulesen, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen einem *wachsenden Umweltbewusstsein* und dem den Raubbau antreibenden *Politikversagen* (Korruption, Lobbyismus, etc.) gibt. Hier wird der Zusammenhang nun so dargestellt, dass mit *wachsenden Umweltbewusstsein* das *Politikversagen* abnimmt. Hier hat man also eine Wirkung, die einen anderen Charakter hat als der vorher diskutierte. Um dies auch im grafischen Beziehungsgeflecht ausdrücken zu können, wird diese Wirkung durch eine Verbindungslinie mit einen gefüllten Kreis symbolisiert. Die Verknüpfung bedeutet: wenn A zunimmt nimmt B ab.



Aus Studie: *Politikversagen* nimmt mit *wachsendem Umweltbewusstsein* ab.

Trifft man nun auf eine Studie, die der bisherigen Systematisierung (Wirkungen zwischen verallgemeinerten Phänomenen) widerspricht kann dies folgendes bedeuten:

- die Fallstudie ist fehlerhaft oder von schlechter Qualität und kann aus der Betrachtung ausgeschlossen werden; oder
- die Randbedingen, unter denen die Fallstudie durchgeführt worden ist, unterscheiden sich so stark von den bisher betrachteten, dass man nicht mehr vom selben Teilbereich der Mensch-Natur-Wechselwirkung sprechen kann – falls die Umweltschäden, die in der Studie beschrieben werden, von Relevanz sind, muss die Entwicklung eines zusätzlichen typischen Beziehungsgeflechts begonnen werden; oder
- sind die Randbedingungen vergleichbar, d.h. fallen die beschriebenen Phänomene unter den betrachteten inhaltlichen Bereich, muss das bestehende Beziehungsgeflecht modifiziert werden, um die Widersprüchlichkeiten zu beseitigen – dies kann entweder eine weitere Ausdifferenzierung oder eine „Neuschneidung” der verallgemeinerten Phänomene bedeuten.

Das soweit erläuterte Verfahren der Interpretation und Zusammenfassung von Texten bezieht sich auf den Teil der Studien, der sich jeweils mit Hypothesen über die Zusammenhänge von Phänomenen beschäftigt. Ein anderer wichtiger Aspekt ist die schlichte Beobachtung der „Geschichte” oder des zeitlichen Verlaufs dieser Phänomene. Diese Informationen kann man nicht direkt zur Erstellung von Beziehungsgeflechten heranziehen – sie sind jedoch für das Syndromkonzept nicht verloren, da man mit ihrer Hilfe die Gültigkeit der Beziehungsgeflechte überprüfen kann.

4.2.2 Der Syndromkern

Anhand der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise können nun mit Hilfe von Informationen aus Fallstudien, der allgemeinen Literatur und des Systemverständnisses über die Wirkungszusammenhänge (z.B. Naturgesetze), die den Raubbaumechanismus beschreibenden Wechselwirkungen zu einem syndromspezifischen Beziehungsgeflecht zusammengefasst werden. Auf Grund des frühen historischen Auftretens des Syndroms verfügen wir im Falle des RAUBBAU-SYNDROMS auch über vielfältige Beschreibungen, die eine Mustererkennung vereinfachen. Diese Beschreibung der Mechanismen des Syndroms trifft zwar nicht alle aktuell wesentlichen Symptome und Verknüpfungen, sie beschreibt aber die syndrominterne Dynamik, die, als eine Art internes „Schwungrad“, an vielen Orten und zu vielen Zeiten beobachtbar war. Die beschriebenen Grundmechanismen sind allgemeiner Art und können auf die verschiedenen medialen Ausprägungen, z. B. Holzentnahme in Waldökosystemen oder Überfischung, angewandt werden. Im Folgenden wird auf die Entwaldungsausprägung fokussiert.

Im Kern besteht die Problematik des RAUBBAU-SYNDROMS in der zeitlichen Diskrepanz von menschlicher Nutzung und natürlichem (Nach-)Wachsen der Ressource. Die charakteristischen Prozesse auf naturräumlicher Ebene sind einerseits durch die Wirkung der *Übernutzung biologischer Ressourcen* auf die *Schädigung* bzw. *Konversion des Ökosystems* gekennzeichnet. Andererseits gibt es direkte und indirekte Schäden in weiteren Umweltbereichen: *Bodenverdichtung* oder *Veränderung der lokalen Wasserbilanz* sind Beispiele dafür. Auf Grund der Konnektivität der Biosphäre verstärken

solche Schäden wiederum Konversions- und Degradationstendenzen. Eine graphische Repräsentation des syndromkonstituierenden Kerns ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die Ressourcenentnahme erfolgt in einem Ausmaß, welches die Reproduktionsfähigkeit des Systems übersteigt, was im Extremfall mit der Ausrottung von Arten oder Ökosystemen einhergehen und teilweise die naturräumliche Grundlage für das Wiedererstehen der betroffenen Ökosysteme vernichtet. Damit ist die Funktionalität der Biosphäre insgesamt und der globalen Regel- und Stoffkreisläufe bedroht. Verstärkend für die Schädigung kommt es zur weiteren Ausbreitung des Syndroms gerade auf Grund seines jeweils konzentrierten lokalen und regionalen Auftretens und Erschöpfens. Dieser Prozess kann als Diffusionsprozess in Form des Abbrennens einer Wunderkerze angesehen werden: Wenn die ökonomisch attraktive Ressource in Region A gemäß den Zielvorstellungen der Akteure verbraucht ist, dann diffundiert bei Fortdauer der allgemeinen Rahmenbedingungen das Syndrom mit hoher Wahrscheinlichkeit in die Nachbarregion B, die bislang weniger rentabel bzw. erreichbar war, es nun aber auf Grund des Syndromablaufs in der Region A geworden ist. Beispiele für diesen Ablauf lassen sich etwa hinsichtlich der charakteristischen, landschaftsökologischen Strukturen des selektiven Einschlags von Tropenhölzern in Brasilien finden (Verissimo et al. 1995). Für hinreichend kapitalkräftige Unternehmen in einem halbwegs lukrativen Marktumfeld kann der Begriff „Nachbarregion“ tendenziell jeden Ort der Erde meinen, wie am Beispiel der Expansion malaiischer Holzeinschlagsfirmen nach Südamerika gezeigt wurde. Koreanische, japanische, amerikanische und kanadische Holzkonzerne operieren ebenfalls als solche „*global player*“.

Die wesentliche anthropogene Ursache ist auf kurzfristige Gewinnmaximierung ausgerichtete Nutzung der Wälder durch lokale, nationale und oft auch multinationale Akteure in der Holzwirtschaft. Diese Praxis der vernichtenden Nutzung von Naturressourcen wird oft durch den Staat toleriert oder aktiv unterstützt: Vermeintliche und tatsächliche Vorteile durch diese Art der Nutzung, z. B. die Entstehung von Einkommen, Beschäftigung, Steueraufkommen und Devisen einerseits sowie offensichtliches *Politikversagen*, z. B. Korruption, fehlende Mittel für Verwaltung und Exekutive oder unzureichende Infrastrukturausstattung andererseits, veranlassen nationale Regierungen typischerweise sogar zu einer begünstigenden Politik durch Gewährung von Subventionen oder Steuervorteilen. Die Korruption und Beeinflussung der lokalen und nationalen politische Entscheidungsträger ist mitverantwortlich für die mangelhafte Einhaltung bestehender Schutzvorschriften. Angeregt wird die Übernutzung biologischer Ressourcen im Wesentlichen durch zwei Faktoren:

1. Der *zunehmende Verbrauch von Energie* (Brennholz) *und Rohstoffen* (Holzprodukte).
2. Die *Veränderung der Nachfragestruktur* (Produktpalette).

Während der erste Aspekt eher quantitativer Natur ist, zielt der zweite auf qualitative Änderungen in der Zusammensetzung des Ressourcenverbrauchs.

Die *Übernutzung* wird durch das *Politikversagen* nicht nur gefördert, sie verstärkt auch umgekehrt wieder dieses antreibende Symptom diesem Zusammenhang sind Korruption und die Bedeutung der Holz-Lobby wichtig. In beiden Fällen haben soziale Akteure, die von der aktiven Übernutzung in der Vergangenheit profitiert haben, ein bedeutsames Maß an ökonomischem, sozialem und politischem Kapital angesammelt, um auf Regierungen entsprechenden Druck bei Konzessionsvergabe, Gesetzgebungs- oder -auslegungspraxis auszuüben, was wiederum einen zukünftigen Raubbau begünstigt. Im Rahmen des Syndromkerns (Abbildung 2) erfährt das Verhalten des politischen Systems, sich syndromverschärfend zu verhalten, erst dann eine Abschwächung, wenn die Schädigung von Funktion und Bestand der Ressource den Stand erreicht, an dem sich keine weiteren Einkünfte mehr erzielen lassen oder es in Folge der *Schädigung von Ökosystemstruktur und -funktion*

auch vermehrt zu einem *Wachsenden Umweltbewusstsein* in der lokalen und internationalen Bevölkerung kommt. Zusammen mit einer verstärkten *Bedeutungszunahme von Nichtregierungsorganisationen (NRO)* kann dies einen positiven ressourcenerhaltenden Einfluss auf die politischen Entscheidungsträger haben und somit zu einer Abschwächung des *Politikversagens* führen. In dieser Schere von ökonomisch getriebener Verstärkung von *Politikversagen* und der ökologisch motivierten Abschwächung des Symptoms liegt die Möglichkeiten den Syndrommechanismus positiv zu beeinflussen und in nachhaltigere Verlaufsformen zu lenken.

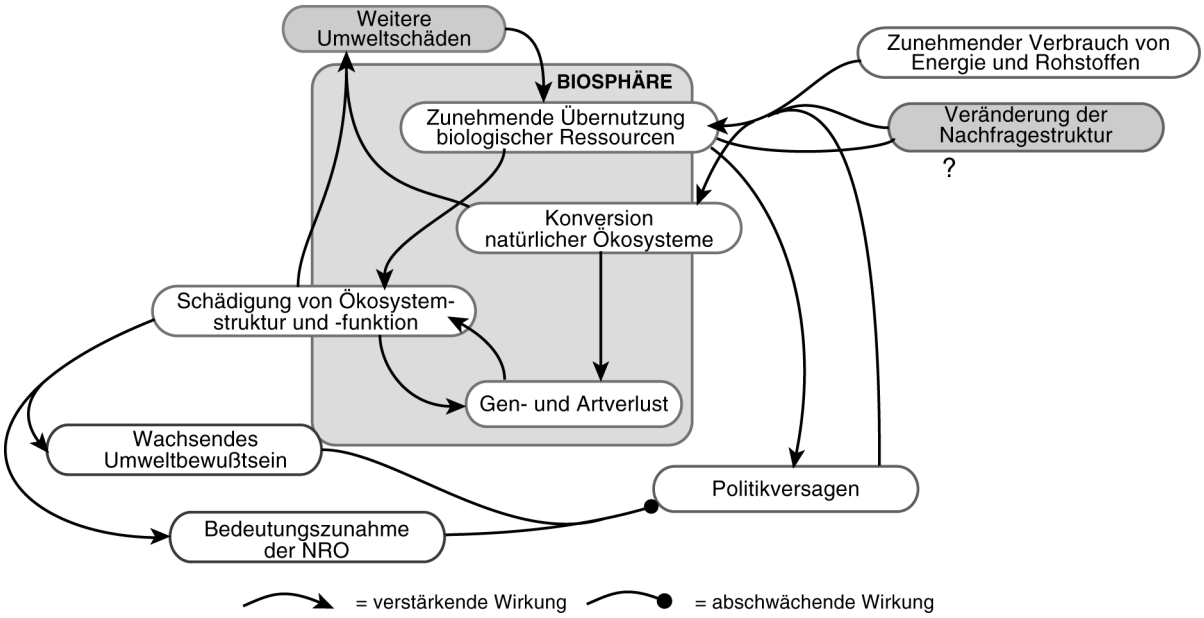


Abbildung 2: Syndromkern des RAUBBAU-SYNDROMS (Cassel-Gintz 2001); grau unterlegte Felder stelle aggregierte Symptome dar.

4.2.3 Der aktuelle Mechanismus des Syndroms

Der Syndromkern stellt eine historisch relativ robuste Beschreibung der nicht-nachhaltigen Interaktion von Mensch und Naturressource Wald dar und beinhaltet auch die grundlegende Dynamik ihrer Wechselwirkungen. Gleichwohl wird man damit der aktuellen Gestalt und der biosphärischen Bedeutung des globalen Raubbaus an den Waldressourcen nur zum Teil gerecht. Um dies zu verbessern, müssen die am Syndrom beteiligten Symptome und ihre Wechselwirkungen analytisch genauer aufgeschlüsselt werden. Dies geschieht mit Hilfe des syndromspezifischen Beziehungsgeflechts des RAUBBAU-SYNDROMS (Abbildung 3) welches die Mechanismen des Syndromkerns erweitert.

Die Existenz eines lukrativen Marktes, der durch eine zunehmend globaler werdende Nachfrage angetrieben wird (*Globalisierung der Märkte*), stellt den Ausgangspunkt des Mechanismus dar. Hier ist das der Markt für Holz und Holzprodukte: Papier, Pappe, Möbel, Bauholz, Furnierholz, Spanplatten, Fenster, etc. aber, gerade in Entwicklungs- und Schwellenländern, auch Brennholz und Holzkohle. Die Entwicklung der letzten Jahren zeigt eine Zunahme der Binnennachfrage aus Schwellen- und Entwicklungsländern, welche neben der hohen Kaufkraft und Nachfrage der Industrieländer in Nordamerika, Europa und Asien, eine immer bedeutendere Rolle spielt (z. B. Brasilien, Malaysia) (*Ausbreitung westlicher Konsum- und Lebensstile*). Hierbei sind, neben der Anzahl der Konsumenten und ihrem Wohlstands- und Anspruchsniveau, die Technologie der Ressourcengewinnung und -verarbeitung sowie die Konsumtionsweise von entscheidender Bedeutung für die nachgefragte Menge. Auf der einen Seite verschärfen *Automatisierung und Mechanisierung* das Syndrom, Beispiele dafür sind die breite Verfügbarkeit der Kettensäge oder von schwerem, automatisiertem

Holzverarbeitungsgerät. Allerdings wirkt sich der technische Fortschritt auch ressourcenschonend aus. Geringere Ausschussraten und höhere Recyclingquoten führen teilweise zu großen Holzeinsparungen und wirken sich dämpfend auf bevölkerungs- und wohlstandsbedingte Nachfragezuwächse aus. Auch die Substitution von Holzprodukten durch andere Materialien kann die Entnahmerate dieser nachwachsenden Ressource deutlich senken. Dieser Effekt wird im syndromspezifischen Beziehungsgeflecht durch die Einführung des Symptoms *Entwicklung neuer Werkstoffe; stoffliche Substitution* berücksichtigt. Die dominanten Nachfragesektoren der Holzwirtschaft sind der Bausektor, die Industrie, einzelne Konsumgüterbereiche (z. B. Verpackung, Möbel, Papier) sowie verschiedene Infrastrukturbereiche (z. B. Eisenbahnen, Telegraphenmasten), die eng mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung sowie der Technologie- und Konsumstruktur eines Landes gekoppelt sind. Daneben spielt der Bedarf an Brennholz, als Energiequelle in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern, ein gewichtige Rolle (*zunehmender Verbrauch von Energie und Rohstoffen*). Bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen bestimmt allein das Bevölkerungswachstum eines Landes seinen Holzbedarf, welcher aber mit steigendem Wohlstandsniveau zusätzliche Wachstumsimpulse erfahren kann. In einigen Industrieländern ist die Nachfrage nach Tropenhölzern seit kurzem rückläufig bzw. stagniert (FAO 1999). Dies kann teilweise als Folge von veränderten Rahmenbedingungen im Welthandel (*Zunahme internationaler Abkommen und Institutionen*), zum Teil als Folge veränderter Konsumgewohnheiten (*Zunahme des Umweltbewusstseins*) bzw. einer wachsenden *Sensibilisierung für globale Probleme* in der Bevölkerung angesehen werden. Die aktuelle Debatte um die Einführung von Produktkennzeichnungen (Zertifizierung) ist ein Ausdruck davon.

Damit die Nachfragestruktur sich im Sinne des RAUBBAU-SYNDROMS auswirkt, muss es einen, durch Umsatz und Beschäftigung ökonomisch bedeutsamen holzwirtschaftlichen Sektor[4] geben, der auch politisches Gewicht hat. Die Heterogenität der ökonomischen Lage und der technische Ausstattung der Unternehmen der Branche ist dabei weltweit, aber auch innerhalb eines Landes, enorm. Der syndromverstärkende Einfluss einer Firma, etwa im Holzeinschlags- oder im Sägewerksbereich, ist umso höher, je „flächendeckender“ (z. B. internationaler) sie operieren kann und je ineffizienter sie ist. In Indonesien etwa wurden Mitte der 90er Jahre nur 43 % des eingeschlagenen Holzes zu Produkten verarbeitet, der Rest von 57 % war Abfall. In anderen Entwicklungs- und Schwellenländern ist diese Beziehung teilweise etwas günstiger: hier fallen durchschnittlich „nur“ 45 % Abfall an (Jepma 1995, Dudley et al. 1996). Dies zeigt das noch nicht ausgeschöpfte, große Potential für eine ressourcenschonende „Effizienzrevolution“. Kleine, nur lokal agierende Firmen, wie sie etwa im brasilianischen Amazonasgebiet (Scholz I. 1999), aber auch im tropischen Afrika häufig zu finden sind, können aber schon allein auf Grund ihrer Anzahl einen global bedeutsamen Schaden anrichten.

Das ökonomische Gewicht des holzverarbeitenden Sektors hat auch einen großen indirekten Einfluss auf die Politik. Die dauerhafte Raubbau-Ökonomie geht meist mit der Bildung von mächtigen Interessensverbänden oder Lobbies (Individuen, Gruppen, Clans, Verbänden, Gewerkschaften etc.) einher, die zumindest auf regionaler Ebene das politische System unter starken Druck setzen können. Dieser wirtschaftliche Faktor hat gerade in Demokratien eine besondere Bedeutung, in denen gesellschaftliche Teilinteressen über Medienöffentlichkeit, Verbandsmacht und dem Zwang zur Wiederwahl von Entscheidungsträgern vorhandene Schutzziele aushebeln oder doch in erheblichem Ausmaß abschwächen können. Ein Beispiel hierfür ist die bedeutende, politikbestimmende Rolle der *„Lumber“*-Industrie in *British Columbia*, Kanada. Im Falle einer großen Nachfrage und einer hohen

[4] Dieser Sektor umfasst holzeinschlagende Firmen, Sägewerke und Papierfabriken, die Herstellung von Möbeln und sonstigen Gebrauchsgegenständen bzw. Investitionsgütern aus Holz.

wirtschaftlichen Bedeutung des forst- und holzwirtschaftlichen Sektors, muss es allerdings nicht automatisch zur Entwaldung im Sinne des RAUBBAU-SYNDROMS kommen. Rund 80 % der tropischen Wälder (Jepma 1995) sind staatliches Eigentum. Eine Reihe positiver Beispiele zeigt, dass ein wirksamer politischer Schutz den wirtschaftlichen Druck auf Wälder deutlich verringern und die Suche nach Alternativen (andere Werkstoffe, nachhaltig eingeschlagenes Holz) anregen kann. Das Syndrom wird in der Regel erst dann aktiv, wenn die Marktkräfte und der wirtschaftliche Nutzungsdruck durch ein *Politikversagen* auf die Ressource „durchschlagen“ bzw. deren negativen Effekt noch verstärken. Unter *„Politik“* wird hier das Handeln oder Nichthandeln von Legislative, Exekutive und Jurisdiktion auf den verschiedenen Verwaltungsebenen verstanden. *„Versagen“* steht für die aktuelle Unfähigkeit und / oder Unwilligkeit des politischen Systems, bzw. der tragenden politischen Akteure, mit Blick auf die Ziele der nachhaltigen Waldwirtschaft bzw. des Naturschutzes zu agieren. Dies schließt sowohl ein Unvermögen, z. B. auf Grund mangelnder finanzieller Mittel, als auch Unwilligkeit, z. B. auf Grund anderer politischer Prioritäten oder Staatskonzepte, ein. Das *Politikversagen* lässt sich grob in zwei Bereiche differenzieren:

1. Ein *direktes* Versagen der Politik ist überall dort zu konstatieren, wo im unmittelbar auf die Ressourcennutzung bezogenen Bereich, ein bedeutsames Waldökosystem, auf Grund politischer Nicht- oder Fehlentscheidungen der Raubbauwirtschaft preisgegeben wird. Dies kann durch Vergabe von Konzessionen für den Holzeinschlag zu ökologisch und fiskalisch ungünstigen Konditionen, z. B. zu kurze Laufzeiten, zu geringe Gebühren, keine Ausschreibungen, zu große Territorien, keine oder zu geringe Schutzauflagen passieren werden, oder durch einen nicht hinreichend Schutz seitens der staatlichen Forstpolitik, d. h. nicht hinreichend viele Schutzgebiete und -gesetze oder zu geringe Umsetzung derselben, sowie eine schlechte finanzielle, personelle und politische Ausstattung der Forstbehörden hervorgerufen werden. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient die illegale Ressourcenentnahme, die durch das Versagen politischer Institutionen mit bedingt wird. Sie spielt für den Forstbereich in Ländern wie der Demokratischen Republik Kongo (vormals Zaire), Brasilien, Laos oder Russland eine besondere Rolle. Dieses direkte Politikversagen bezieht sich auf das Forstmanagement im weiteren Sinne.

2. Daneben gibt es ein *indirektes* Politikversagen dann, wenn die rechtlichen und fiskalischen Rahmenbedingungen seitens der Politik so gestaltet werden, dass nicht-nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft, bis hin zur offenen Ausplünderung der Ressource, begünstigt werden. Das kann etwa durch eine offensive, auf die rasche Erschließung von abgelegenen Waldgebieten abzielende Infrastrukturpolitik geschehen (*Ausbau der Verkehrswege*), oder aber durch die Unterstützung eines ökologisch oder ökonomisch ineffizienten holzverarbeitenden Sektors durch Subventionen, Steuervergünstigungen oder Importschutzmaßnahmen.

Eine in der Literatur viel diskutierte Antriebskraft für das RAUBBAU-SYNDROM ist die *internationale Verschuldung* vieler Entwicklungs- und Schwellenländer (Kahn & McDonald 1995; Miller 1991; Cassel-Gintz 1997). Allerdings ist ihr Einfluss nicht so gewichtig anzusetzen, dass er direkt zu einer Ressourcenübernutzung führt. Es scheint vielmehr so, dass die internationale Verschuldung eher indirekt, über ein Versagen der für die Ressource Holz entscheidenden politischen Institutionen wirksam wird. Zwei Gründe sprechen dafür:

1. Eine Verschuldung der öffentlichen Haushalte kann stets nur über den Umweg haushalts-, fiskal- und wirtschaftspolitischer Maßnahmen die privatwirtschaftlichen Akteure erreichen. Diese können, müssen aber nicht zur Entscheidung führen, mit dem Einschlag und dem Export der heimischen Ressource Holz den Schuldendienst zu bedienen.

2. Der verschuldungsbedingt sinkende Handlungsspielraum eines Staates, den man für einen verstärkten Druck auf die natürlichen Ressourcen eines Landes geltend machen könnte, führt auch dazu, dass die dem Raubbau förderliche Infrastruktur, eine kostensenkende Vorleistung der öffentlichen Hand für private Ressourcennutzer, nicht (mehr) finanzierbar ist. Auch für diesen gegenläufigen Zusammenhang gibt es Beispiele wie etwa Ecuador zwischen 1974 und 1982 (Wunder 1997).

Auch Korruption kann das *Politikversagen* begünstigen. An der Übernutzung interessierte Individuen oder Gruppen versuchen, ein dafür förderliches Verhalten der politischen Entscheidungsträger durch mehr oder weniger direkte „Gaben“ von Geld- oder Sachmitteln bzw. von Gegenleistungen anderer Art zu stimulieren. Dabei können bereits erzielte Gewinne aus dem Raubbau an natürlichen Ressourcen im Sinne einer „Zukunftssicherung“ weiter genutzt werden. Dieser Mechanismus ist im syndromspezifischen Beziehungsgeflecht durch einen verstärkenden Pfeil von der *Übernutzung biologischer Ressourcen* zum *Politikversagen* repräsentiert.

Die wesentlichen naturräumlichen Folgen des Syndroms finden sich in der Biosphäre. Insbesondere die Prozesse der natürlichen Sukzession, sowie ihre Beeinflussung durch die Nutzung der biologischen Ressourcen (Walter & Brekle 1992) sind hier bedeutsam. Die entscheidende Folgewirkung des Nutzungsdrucks ist die zunehmende *Übernutzung biologischer Ressourcen*, die zu einer *Konversion natürlicher Ökosysteme* und einer *Fragmentierung natürlicher Ökosysteme* führen kann. Findet der Raubbau in Form eines Kahlschlags statt, wandelt sich das Ökosystem radikal: Aus Primärwald wird dann Weidefläche, landwirtschaftliche Nutzfläche, Ödland oder auch Siedlungsfläche. Wird dagegen nur selektiv eingeschlagen, d. h. bestimmte Arten oder Altersstufen werden entnommen, kommt es zu einer Fragmentierung des Ausgangsökosystems. Viele Sekundärwälder weltweit sind das Produkt solcher Fragmentierungsprozesse. Bei weiterer Übernutzung können auch sie vollständig konvertiert werden. Bei beiden Formen tritt ein *Rückgang der Gen- und Artenvielfalt* (z. B. Vernichtung endemischer Arten oder Reduktion des Genpools) sowie eine *Schädigung von Ökosystemstruktur und -funktion* als Folge der Ressourcenentnahme ein. Ein Beispiel hierfür ist etwa die bedenkliche Abnahme des Bestands an südamerikanischem Mahagoni durch den äußert selektiven Einschlag, insbesondere für den deutschen Markt. Daneben umfasst die Wechselwirkung zwischen Raubbau und *Arten- bzw. Genverlusten* auch weitergehende Aspekte, wie Verschiebungen in der Artenzusammensetzung, da z. B. Jungwald verstärkt durch Herbivoren geschädigt werden kann (vgl. Schulze & Mooney 1993). Nicht nur die reine Artenanzahl, sondern auch die Qualität und Zusammensetzung sind für die funktionalen Bezüge auf Ökosystems- und Landschaftsebene bedeutsam (Dudley et al. 1996).

Eine wesentliche ökonomische Folge des Syndroms ist seine dämpfende Wirkung auf das *Wirtschaftswachstum*. Aus anthropozentrischer Perspektive ist dies eines der problematischsten Phänomene. Grundsätzlich spiegelt sich in dieser Wechselbeziehung die Gefährdung der eigenen Lebensgrundlagen wieder, einer der wesentlichen Gründe für die Entstehung der Umweltpolitik und der Nachhaltigkeitsdebatte. Die Natur ist als Lebenserhaltungssystem Grundvoraussetzung jeden Wirtschaftens überhaupt (Nutzinger & Radke 1995). Naturzerstörung und -degradation geht mit einer Behinderung der wachstumsrelevanten Lebensraumfunktion einher und beeinträchtigt die mittelbar relevanten Reinigungs-, Produktions- und Absorptionsfunktionen (de Groot 1992). Die kurzfristige Gewinnorientierung, die typischerweise einer nachhaltigen, auf längere Sicht ausgerichteten, produktiven Bewirtschaftung der Wälder einer Region wiederspricht, stellt einen problematischen Effekt dar. Aus mittel- bis langfristiger Perspektive kommt es zu negativen Beschäftigungseffekten für die örtliche Bevölkerung. Die Möglichkeiten für Produktion und Einkommenserzielung sind vernichtet und wachstums- bzw. entwicklungspolitische Nachteile in der Region sind die Folge. Durch die

Vernichtung natürlicher Ökosysteme und Arten entsteht ein irreversibler Schaden in Form verlorener genetischer Quellen. Abgesehen von den generellen Schwierigkeiten einer monetären Erfassung des Schadensausmaßes ist die Abschätzung hier besonders schwierig, da bereits vernichtete Ökosysteme zu großen Teilen nicht erforscht waren und ihr ökonomischer Nutzen daher unbekannt ist. Vor allem auch die potentiellen zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten gegenwärtig ökonomisch „unbedeutender“ Tier- oder Pflanzenarten, stellen ein großes Potential, z. B. für die Pharmaindustrie, Nahrungsmittel etc., dar (Hampicke 1992; Stähler 1994; Hanley & Spash 1995). Dieser Prozess ist im syndromspezifischen Beziehungsgeflecht als eine abschwächende Beziehung von *Gen- und Artenverlusten* zum *Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie* dargestellt.

Wälder stellen nicht nur den Lebensraum für die verschiedensten Tier- und Pflanzenarten, sondern auch für viele Menschen dar. Eine große Zahl von indigenen Völkern lebt nicht nur im, sondern vor allem auch vom Wald. Mit dem Druck auf die Ressource Holz ist auch der Lebens- und Kulturraum dieser Völker bedroht. Häufig werden ihre traditionellen Nutzungsrechte durch Umwandlung der Waldgebiete in Staatseigentum annulliert, und die eingerichteten Reservate nicht hinreichend geschützt, so dass die verbliebenen Rechte der indigenen Völker durch ökonomische Interessen von Großkonzernen oder Regierungen verletzt werden können. Übernutzung und Ökosystemschädigung zerstören den Lebensraum indigener Völker und lösen Migrationsbewegungen in städtische oder ländliche Siedlungen (*Landflucht*) aus, wo es zu einer *sozialen und ökonomischen Ausgrenzung* kommt. Insgesamt geht der Raubbau nicht nur mit einem Rückgang an Biodiversität einher, sondern auch mit einem Kulturverlust, einer Reduktion der kulturellen Optionsvielfalt (*Rückgang traditioneller gesellschaftlicher Strukturen*). Die Auswirkungen dieses oft unterbewerteten Verlusts erscheinen zwar aktuell als wenig dramatisch, haben aber im historischen Rückblick eine erhebliche Dynamik erreicht und können kulturelle Folgen, wie den Verlust von indigenen Sprachen und Lebensweisen, hervorrufen.

In der aktuellen Debatte zum globalen Klimawandel ist der konversionsbedingte *Verlust von biosphärischen Senken*, in diesem Fall der Verlust der C-Speicherfunktion der Wälder bedeutsam, der zum *Treibhauseffekt* und zum *Klimawandel* beiträgt (IPCC 1996). Weitere Auswirkungen des Syndroms im Bereich der Pedosphäre sind *Bodenerosion* und *Bodenverdichtung* als die sichtbarsten Folgen der Ökosystemschädigung. Neben der Erosion nach erfolgtem Kahlschlag sind besonders Schäden durch *„Logging Roads“* (Mertens & Lambin 1997; Lambin & Mertens 1997) oder die Bodenverdichtung, hervorgerufen durch den Einsatz schwerer Maschinen von Bedeutung. Ein *Fertilitätsverlust* tritt insbesondere in Regionen auf, deren Nährstoffkreislauf stark vom biologischen Geschehen oberhalb des Bodens geprägt ist, was für die meisten tropischen Waldregionen zutrifft. Weitere Folgen von Bodenerosion sind reduzierte Wachstumsmöglichkeiten, sowie *veränderte Stofffrachten* in der Hydrosphäre und damit auch eine *Veränderung der Wasserqualität*. Diese entwaldungsbedingte Verschlechterung der Wasserqualität im Einzugsgebiet führt durch einen gesteigerten Sedimenttransport, hauptsächlich in der Sandfraktion, zu einem Rückgang der Fischpopulationen. Dieser Prozess ist Teil der öffentlichen Debatte in Nordamerika um den Einfluss der Entwaldung von Uferzonen auf die Schädigung der Fischhabitate, vor allem bei Lachsarten. Schädigungen der Vegetationsdecke führen zu einer *Änderung der lokalen Wasserbilanz*. Die geringere Evapotranspiration (Interzeption) trägt dazu über erhöhte Oberflächenabflüsse und verstärkter *Bodenerosion* bei. Auf Grund des verringerten Wasserrückhaltevermögens der Vegetation und verringerter Infiltration kommt es zu erhöhten, schneller anlaufenden Hochwasserwellen im Einzugsgebiet (Knighton 1998). Diese Fernwirkung des RAUBBAU-SYNDROMS wird z. B. in Bangladesh als eine Ursache für die massiven Überflutungen angesehen.

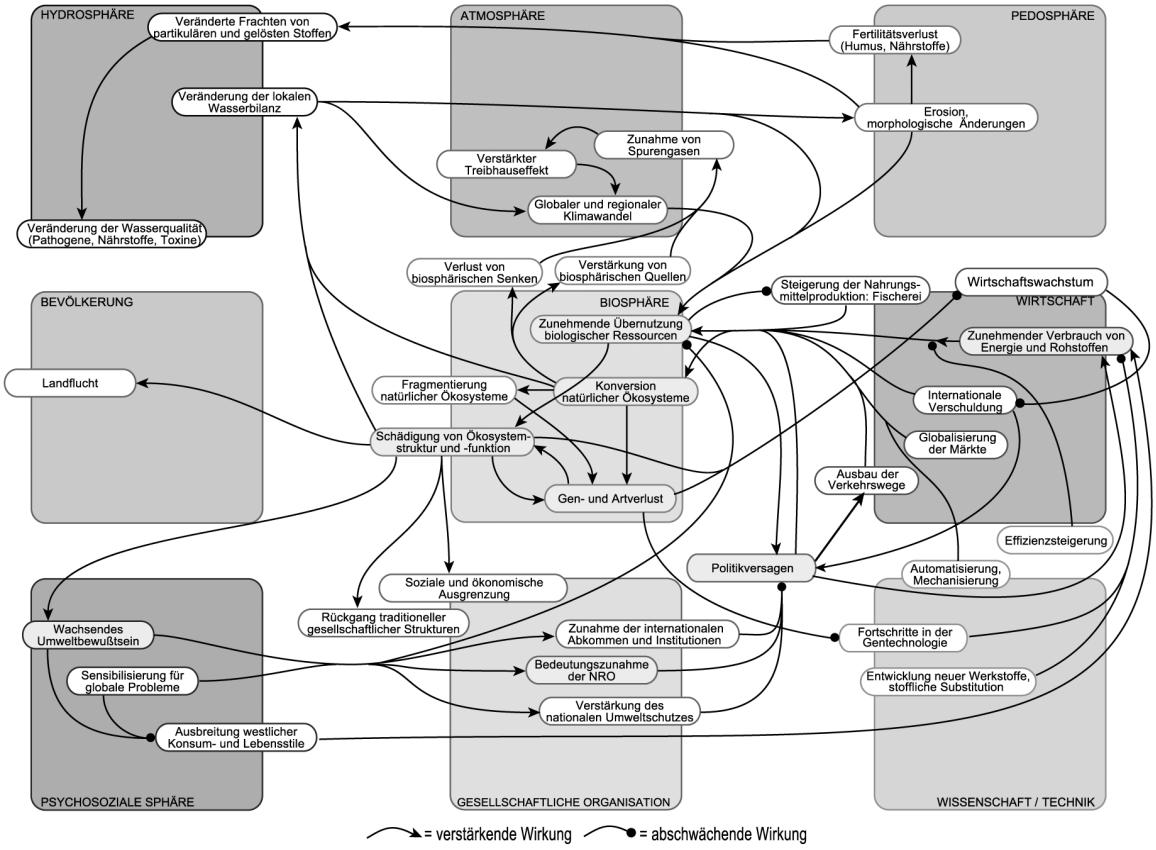


Abbildung 3: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht des RAUBBAU-SYNDROMS (Cassel-Gintz 2001); der Syndromkern ist grau unterlegt.

4.2.4 Interaktion des RAUBBAU-SYNDROMS mit anderen Syndromen

Die Bedeutung des RAUBBAU-SYNDROMS für die globale Entwaldungsproblematik variiert in Abhängigkeit von Waldtyp und Nutzung. In borealen Wäldern stellt das Syndrom den Hauptbestandteil der Entwaldung. Andere Formen, wie etwa die Konversion von Wald zu landwirtschaftlicher Nutzfläche, spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. In tropischen Wäldern ist der direkte Beitrag des Syndroms zur Entwaldung wesentlich geringer anzusetzen. Die Konversion zu landwirtschaftlicher Nutzfläche stellt hier den größten Entwaldungsbeitrag. Etwa 50 % der Entwaldung kann hier dem kleinbäuerlichen, subsistenten Wanderfeldbau zugeschrieben werden (Herkendell & Pretzsch 1995). Dieses Muster wurde als Teil des SAHEL-SYNDROMS identifiziert (WBGU 1996; Schellnhuber et al. 1997; Petschel-Held et al. 1999). Dennoch hat das RAUBBAU-SYNDROM auch in den Tropen eine große, wenngleich indirekte, Bedeutung für die globale Entwaldung: Es fungiert hier als eine Art *„Pionier“*- oder *„Katalysatorsyndrom“* (Syndromkopplung) für andere Muster der Waldzerstörung. Als Folge der Erschließung von Waldregionen für, bzw. durch Holzfirmen kommt es zu einer Verbesserung der allgemeinen Zugänglichkeit der Region. Entlang der neu angelegten Straßen wandern oft landlose Wanderfeldbauern aber auch Großgrundbesitzer ein. Diese, mit dem eigentlichen RAUBBAU-SYNDROM nicht direkt verbundenen Akteure können nun große Waldflächen in landwirtschaftliche Nutzflächen umwandeln, die anschließend im Zuge von einem ausbrechendem SAHEL- bzw. DUST-BOWL-SYNDROM degradiert werden können. Zum Teil agieren sogar die Holzfirmen selbst als große Viehzüchter auf den konvertierten Waldflächen, um einerseits längerfristige Landrechte zu erhalten, aber auch um ihre kurzfristigen Gewinne in länger- und mittelfristig stabile Bodenwerte anzulegen. Hierdurch das enorme Schadenspotential des selektiven Holzeinschlags deutlich. Da für den selektiven Einschlag von ertragreichen Edelhölzern, wie z. B. Mahagoni,

Erschließungswege von bis zu 500 km in Kauf genommen werden (Verissimo et al. 1995), führt diese verschiedentlich als „umweltschonende“ Form der Forstwirtschaft bezeichnete Nutzungsform zu erheblichen Folgeschäden. Auch ein solcher, auf den ersten Blick, nur „kleiner“ Eingriff, führt zur großräumigen Erschließung der entsprechenden Waldgebiete, die dadurch für unterschiedliche Nutzungsinteressen geöffnet werden. Die der Erschließung folgende Degradation reicht oft bis hin zur völligen Zerstörung der landwirtschaftlich nutzbaren Bodenschicht und kompletten Zerstörung von natürlichen Ökosystemen.

Diese Wirkung des RAUBBAU-SYNDROMS als auslösender Expositionsfaktor für andere Syndrome ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt. Dieser Prozess wird in vielen Fallstudien zur tropischen Entwaldung beschrieben (vgl. Heilig 1994; Walker & Homma 1996; Mertens & Lambin 1997; Lambin & Mertens 1997; Rudel & Roper 1997; WRI 1997; Stone 1998). Ein ähnlicher Verlauf ergibt sich auch bei der Erschließung von vorher unzugänglichen Regionen im Zusammenhang mit dem Ausbau von Infrastruktur zum Bau von technischen Großprojekte, wie z. B. Staudämmen, oder auch bei der Erschließung von Bodenschätzen. Diese Formen der Umweltdegradation sind dem ARALSEE-SYNDROM und dem KATANGA-SYNDROM zuzurechen (WBGU 1997).

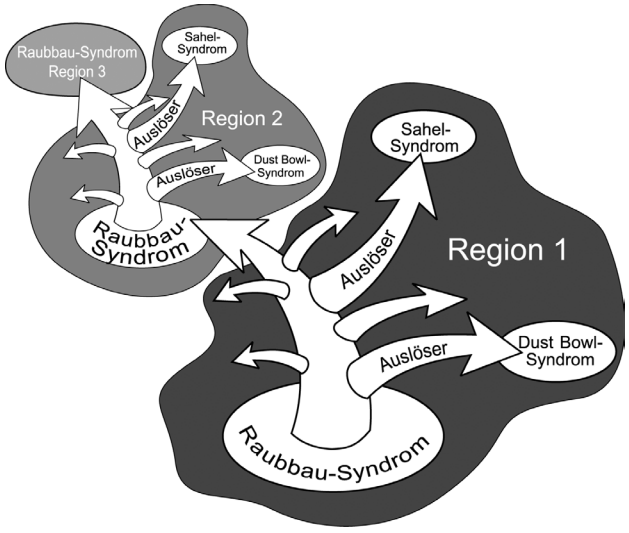


Abbildung 4: Das RAUBBAU-SYNDROM als auslösendes Element für das SAHEL-SYNDROM und das DUST-BOWL-SYNDROM (Cassel-Gintz & Petschel-Held 2000).

Kommentar:

Der folgende Teil der Syndromanalyse erfordert ein tiefergehendes Verständnis des Syndromkonzepts. Er beschäftigt sich mit der Beantwortung der Fragen folgenden Fragen und der räumlichen Verortung ihrer Antworten:

- *Wo kann ein Syndrom prinzipiell überhaupt auftreten?*
- *Was kann einen Syndrommechanismus auslösen?*
- *Wie stark ist ein Syndrom aktiv?*

Die zur Beantwortung dieser Frage benötigten fachlichen Voraussetzungen und mathematischen Verfahren sind eher ab der Sekundarstufe II gegeben. Das Material eignet sich daher für einen Fortgeschrittenenkurs zum Thema Syndromkonzept. Aus diesem Grund wird das Material nur optional auf der Basismaterialien CD-ROM bereitgestellt.

5 Kurzdefinitionen der Symptome des Globalen Wandels

* Die mit Stern gekennzeichneten Symptome sind detailliert ausgeführt, alle weiteren sind allgemein definiert.

Änderung ozeanischer Strömungen.

An Druckgebiete in der Atmosphäre (Hoch- und Tiefdruck), aus denen Luftbewegungen resultieren, sind ozeanische Strömungen gekoppelt. Z. B. herrscht vor der Westküste Südamerikas normalerweise ein Hochdruckgebiet vor, von dem Luftmassen zum südostasiatischen Tiefdruckgebiet abfließen (Ostwinde). Im Pazifik ergibt sich daraus ein Kaltwasserstrom (Humboldtstrom) vor der Küste Perus. Verändert sich die Lage der Druckgebiete, entstehen Westwinde, die den Humboldtstrom unterdrücken, so dass der äquatoriale Warmwasserstrom bis vor die peruanische Küste vordringt. Neben natürlichen Klimaphänomenen nimmt auch der anthropogen verursachte Klimawandel (Veränderung von Eiskappen und Gletschern) Einfluss auf die Wassertemperatur, die Meeresströmungen und die Höhe des Meeresspiegels. Daraus folgen Auswirkungen auf Tier- und Pflanzenpopulationen, die z.B. als Grundlagen der Fischereiwirtschaft dienen, so dass damit ebenfalls ökonomische Beeinträchtigungen einhergehen.

Anspruchssteigerung.

Mit zunehmender Lebensqualität steigen die Ansprüche an die Arbeits- und Wohnwelt, vor allem jedoch an die Freizeitgestaltung. Steigender Komfort manifestiert sich z.B. in höherem Flächenverbrauch für Wohnzwecke (Stadtdomizil, Ferienhaus, Kleingarten), privaten Autoverkehr (Straßen, Parkplätze), Einkaufszentren und Hotelkomplexe. Dabei mindern konzentrierte Nutzungsformen (z.B. Gewerbegebiete) die schädigenden Einflüsse auf die Umwelt, begünstigen aber auch Siedelungserweiterungen.

***Anthropogen verursachte Artenverschleppung.**

Anthropogene Aktivitäten wie das wachsende Flug- und Schiffverkehrsaufkommen, die Einfuhr landwirtschaftlicher Nutzarten, die Nachführung von Feinden oder das Einschleppen von Krankheitserregern verursachen Artenverschleppungen, die weltweit die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften verändern und die natürliche Durchmischung der Arten verstärken. Strukturen und Funktionen von Ökosystemen sind durch Artenverschleppung gefährdet (Konversion), wovon besonders Endemiten (Vorkommen der Art auf ein bestimmtes Gebiet beschränkt) betroffen sind. Invasionen wirken sich negativ auf Arten- und Genvielfalt auf lokaler wie globaler Ebene aus. Nicht immer sind mit der Artenverschleppung Probleme verbunden, allerdings sind die Konsequenzen von Einschleppung, Ausbreitung und Einnischung neuer Arten in bereits bestehende Ökosysteme nur schwer vorhersehbar. Die Verhinderung dieses Trends ist Ziel der Biodiversitätskonvention.

***Arten- und Genverluste.**

Der Verlust von Arten- und Genvielfalt ist eng miteinander verknüpft, so dass es oft schwierig ist, die wechselseitigen Einflüsse zwischen beiden Aspekten zu differenzieren. Die Häufigkeit von Arten in einem bestimmen Gebiet ist ein Faktor der Artenvielfalt, während die genetische Vielfalt durch die erbliche Variabilität innerhalb und zwischen Populationen bestimmt wird. In isolierten Gebieten wie Inseln oder Seen sowie in nachhaltig gestörten Ökosystemen (Konversion) ist die Gefahr von Arten- und Genverlust wegen starker Verbreitung von Endemiten (Vorkommen der Art auf ein bestimmtes Gebiet beschränkt) am höchsten. Mit der Abnahme des genetischen Reichtums sinkt auch die Evolutionsfähigkeit der Arten. Die Vielfalt geht insbesondere seit der industriellen Revolution drastisch zurück, wobei die Verluste innerhalb der kommenden 50 Jahre auf 10-50% geschätzt werden (WCMC 1994b,

zit. WBGU 1995). Durch Übernutzung und Einschränkung natürlicher Lebensräume werden Populationen bis zum Aussterben der Art dezimiert. Arten- und Genverluste führen zur Degradierung von Ökosystemen, gefährden die Ernährungssicherheit, steigern die Marginalisierung benachteiligter Räume (Verdrängung in Randbereiche) und sind Bremsschuh der medizinischen Forschung sowie der Bio- und Gentechnologie. Konventionen und Institutionen wie die Biodiversitätskonvention, die Ramsar-Konvention, CITES, die Bonner Konvention, die Alpen-Konvention, die FFH-Richtlinie sowie UNEP, IUCN, WWF und WRI setzen sich für den Erhalt von Arten- und Genvielfalt ein.

Ausbau der Verkehrswege.

Der Ausbau der Verkehrswege dient der Marktanbindung wirtschaftlich lukrativer Randgebiete. In diesem Zusammenhang kommt es zu schädigenden Eingriffen in natürliche Ökosysteme (Fragmentierung von Ökosystemen, Versiegelung von Boden, Umleitung von Gewässerläufen, Belastungen mit Toxinen aus Abgasen und Feststoffen). Mit dem Ausbau der Verkehrswege gehen Urbanisierung, Ressourcenerschließung und neben ökonomischen auch Veränderungen der gesellschaftlichen Strukturen einher.

***Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen.**

Landwirtschaftliche Nutzflächen dienen dem Ackerbau, der Viehzucht und der Fischereiwirtschaft. Die Ausweitung der Nutzfläche trägt der wachsenden Bevölkerung Rechnung (Ernährung, Bekleidung). Weiterhin bestimmen Urbanisierung, Migration und soziale wie ökonomische Disparitäten (Ungleichheiten) die Ausweitung der Nutzfläche. Erfolgt die Ausweitung auf Kosten von Busch- und Waldflächen, werden natürliche Ökosysteme konvertiert. Wird die landwirtschaftliche Produktion auf marginale Flächen ausgeweitet, besteht die Gefahr der Übernutzung ihres biotischen Potentials (z.B. durch Ziegenverbiss von Buschwerk, Brennholzgewinnung über die Regenerationsrate hinaus).

Ausweitung westlicher Konsum- und Lebensstile.

In westlichen Industrieländern wächst die gesellschaftliche Bedeutung des Konsums von Waren und Dienstleistungen, in dessen Zusammenhang sich Muster der individuellen Lebensführung herausgebildet haben. Der Konsum betrifft nicht nur den Verbrauch von Kalorien, Stoffen und Materialien, sondern ist zunehmend auch Ausdruck der Persönlichkeit und dient der Milieuzugehörigkeit und –abgrenzung.

Bevölkerungswachstum.

Die Bewohner der Erde haben sich von 1920 bis zum Ende des 20. Jahrhunderts von 1,8 auf >5 Mrd. vermehrt. Davon leben knapp 60% in Asien, 14% in Amerika, 12% in Afrika und 10% in Europa. Der Zeitraum, der zur Verdopplung benötigt wird, verringert sich immer weiter. Um Christi Geburt betrug er 1600 Jahre, heute verdoppelt sich die Erdbevölkerung in <100 Jahren. Das enorme Anwachsen ist vor allem durch Fortschritte der Medizin (Verringerung der Kindersterblichkeit) und die Industrialisierung hervorgerufen worden. In Entwicklungsländern ist daher eine drastische Bevölkerungszunahme auch für die Zukunft zu erwarten, während in den industrialisierten Regionen die Einwohnerzahlen tendenziell abnehmen. Aufgrund des lokal z.T. enormen Bevölkerungsdrucks wird die landwirtschaftliche Produktion auf marginale Räume ausgedehnt (Kultivierung steiler Gebirgshänge und nährstoffarmer Böden, Bewässerung von Wüsten), deren Ertragspotenzial die Nahrungsmittelversorgung nicht sicherstellt. Aus den negativen ökologischen Konsequenzen (Übernutzung natürlicher Ressourcen) folgen häufig ökonomische und soziale Marginalisierung (Verdrängung).

Demokratisierung.

Institutionelle Verstärkung der Partizipation (Beteiligung) von Individuen und Gruppen an der politischen Gestaltung der gesellschaftlichen Verhältnisse durch Staat und nichtstaatliche Organisationen. Demokratische Systeme nehmen stärker Bezug zu Interessen, Präferenzen, Meinungen und Zukunftsvorstellungen der Bevölkerung innerhalb des Gesellschaftssystems als nicht-demokratische Staatsformen (z.B. Diktatur).

Deposition und Akkumulation von Abfällen.

Deposition bezeichnet die Ablagerung und Akkumulation die Ansammlung von Reststoffen aus Haushalten, Produktionsprozessen und Landwirtschaft. Abfalldeposition und Akkumulation begünstigen die Überdüngung von Ökosystemen (Eutrophierung), die Versauerung von Gewässern, verändern Stoffkreisläufe in Ökosystemen und schädigen häufig das Landschaftsbild.

Emanzipation der Frau.

Ursprünglicher Begriff der römischen Rechtssprache: der Vorgang, den Sohn aus der familiären Abhängigkeit zur zivilrechtlichen Eigenverantwortlichkeit zu führen. Die Emanzipation der Frau ist ihre Befreiung von traditionsgebundenen Anschauungen und Gesetzen.

Entwicklung neuer Werkstoffe.

Die Entwicklung synthetischer Rohstoffe für Produktionsprozesse hat den Vorteil, dass der Verbrauch natürlicher Ressourcen durch Effizienzsteigerung vermindert wird. Außerdem tragen neue Katalysatoren zur Reduktion von Emissionen bei. Gleichzeitig stellt sich jedoch das Problem der Abfallentsorgung, da z.B. Plaste, synthetische Gummi und Fasern (GoreTex) in den seltensten Fällen kompostierbar sind.

Entwicklung regenerativer Energien.

Die Nutzung von Solar-, Wind- und Wasserenergie trägt zur Schonung der natürlichen nicht-regenerierbaren Ressourcen wie z.B. Kohle, Erdöl und Erdgas bei und sind deshalb unerlässlich für eine sinnvolle Gestaltung der Energiewirtschaft. Sonnenenergie liefert vor allem in subtropischen, strahlungsreichen Regionen wirtschaftlich rentable Zusatzenergie, während Windkraft in Küstennähe und Wasserkraft in seenreichen Gebirgen Bedeutung erlangt. Aufgrund der Einzelproduktion sind die Systeme in der Anschaffung gegenwärtig noch sehr kostenintensiv.

Erhöhung der Mobilitätsbereitschaft.

Strukturelle Veränderungen des Arbeitsmarktes fordern die Bereitschaft, sowohl räumliche als auch zeitliche Flexibilität zu entwickeln. Verbunden sind damit Veränderungen des Wohn- und Arbeitsortes, der Anfahrtswege und der Arbeitszeiten, die z.B. Migrationsprozesse und das Verkehrsaufkommen fördern.

***Erosion.**

Erosion ist ein Prozess der Bodendegradation, der durch den Abtrag von Bodenmaterial gekennzeichnet ist. Unterschieden werden Wasser- und Winderosion. Verlagerung von Bodenmaterial tritt vor allem in Regionen mit starken Niederschlägen, im Steilrelief und bei lückenhafter Vegetationsdecke auf. Böden sind besonders erosionsanfällig, wenn durch Abholzung, Überweidung und Bodenbearbeitung ihre Oberfläche ungeschützt vorliegt oder strukturell degradiert wird. Die Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen ist die wichtigste Ursache anthropogen bedingter Erosion. Die Entfernung von Oberböden führt zu Nährstoffexporten und damit verbundenen Produktionseinbußen. In extremen Fällen wird der Wurzelraum so stark eingeschränkt, dass eine landwirtschaftliche Nutzung

nicht mehr möglich ist. In strukturlabilen Böden bilden sich Rinnen und Gräben (Gullies), die durch Bodenbearbeitung nicht mehr ausgeglichen werden können.

***Fertilitätsverlust des Bodens.**

Die Vegetation nimmt die benötigten Nährstoffe mit dem Wasser über die Wurzeln auf. Voraussetzung dafür ist die Pflanzenverfügbarkeit von Ionen und Wasser im Boden. Anthropogene Schadstoffeinträge in die Atmosphäre und saurer Regen belasten und verändern die Ökosysteme so stark, dass unter den neuartigen chemischen Bedingungen Nährstoffe und Humus aus dem Boden ausgewaschen werden und sich phytotoxische (giftig für Pflanzen) Ionen wie Aluminium anreichern können. Der Rückgang der traditionellen Landwirtschaft, die Ausweitung der agrarischen Nutzfläche und die Konversion naturnaher Ökosysteme verstärken den Verlust an Nährstoffen und Humus. Bei Fertilitätsabnahme ist einerseits die Nährstoffversorgung nicht gesichert, zum anderen können akkumulierte Mineralien die Pflanzenwurzeln schädigen. Aus Fertilitätsverlust folgen die Veränderung und Konversion natürlicher Ökosysteme sowie der Verlust an biologischer Vielfalt. Marginalstandorte verlieren ihre ohnehin geringe landwirtschaftliche Potenz, womit Kleinbauern ökonomisch und sozial zunehmend benachteiligt werden.

Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie.

Die technische Umsetzung biologischer Prozesse und Funktionsprinzipien hilft bei der Beseitigung von Abfall (z.B. Altöl), der Reinigung von Abwässern (z.B. mikrobieller Nitrat- und Sulfatabbau in biologischen Klärstufen) und der Energiegewinnung aus Biomasse (Biogas Methan zum Heizen). Mit Hilfe neuer Techniken der Erbgutmanipulation wurden leistungsfähige und resistente Arten für die Landwirtschaft entwickelt (Hochleistungsrinder, schädlingsresistente Getreidesorten). Die Gentechnologie bringt neben positiven Umweltaspekten auch potenzielle Gefahrenquellen (z.B. Entstehung von Krankheitserregern) sowie ethische Konflikte mit sich.

Fortschritt in der Informationstechnologie.

Die Erzeugung, Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen (Nachrichten) ist in den vergangenen Jahren durch die rasche Entwicklung von Internet und Geographischen Informationssystemen (GIS) stark vorangetrieben worden. Mit GIS können Folgeabschätzungen von Eingriffen in den Naturhaushalt wie z.B. bei der potenziellen Trassenlegung der Magnetschwebebahn erleichtert werden.

***Fragmentierung natürlicher Ökosysteme.**

Fragmentierte Ökosysteme sind in ihrer räumlichen Gesamtheit gestört und in einzelne Teilsegmente zerschnitten worden. Die Anlage von Verkehrswegen (Autobahnen, Gleiskörper) und Siedlungsaktivitäten wie **Versiegelung** von Flächen im Zuge wachsender urbaner Räume fördern die Zergliederung von Ökosystemen. Die Fragmentierung verhindert Wanderungsbewegungen der Organismen zur Nahrungssuche und Fortpflanzung und hemmt den Genaustausch.

Fundamentalistische Strömungen.

Fundamentalistische Strömungen kanalisieren soziale Deklassierungserfahrungen (Herabstufung im sozialen System) und Bedrohungsempfindungen unterprivilegierter Schichten angesichts einer aufblühenden Außenwelt. Die Strömungen etablieren sich als politische Gegenbewegung, die den als bedrohlich wahrgenommenen Modernisierungstrends entgegensteht. Der Fundamentalismus setzt auf Reinheit, Orientierungskraft und Lösungskompetenz eines politisch-religiösen Programms, das oft totalitäre und puristische Züge trägt.

Geldwirtschaft.

Wirtschaftsform, bei der Geld als allgemeines Zahlungsmittel die Regel, dagegen Eigenversorgung und Naturaltausch die Ausnahme bilden.

Gesundheitsschäden durch Umweltbelastungen.

Der Mensch ist als integraler Bestandteil der gekoppelten Natur- und Anthroposphäre unweigerlich dem Wandel dieser Systeme ausgesetzt. Neben lokalen und regionalen Umweltbelastungen werden Gesundheitsschäden in zunehmenden Maße auch durch die aus dem globalen Wandel der Natursphäre, insbesondere der Stratosphäre, bedingten Effekten auf die menschliche Gesundheit geprägt. Mit unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten treten z.B. Erkrankungen der Atemwege, erhöhte Anfälligkeit gegenüber natürlichen Allergenen und Immunschwächen aufgrund von Luftbelastungen durch Schwefeldioxid, Stickoxide, Staub und Ozon auf. Die Aufnahme von Schwermetallen und organischen Verbindungen über Trinkwasser und Nahrungsmittel führt zu Krebserkrankungen, Nierenfunktionsstörungen, Erbgutveränderungen und Missbildungen. Pathogene Keime rufen Infektionskrankheiten wie Cholera, Typhus und Hepatitis hervor. Des weiteren entstehen Gesundheitsschäden durch Lärm und erhöhte UV-Strahlung.

Globalisierung der Märkte.

Nationale Märkte werden gemäß Freihandelsdoktrin für alle Handelsnationen zugänglich, d.h. es herrscht freier Marktzutritt. Die wirtschaftspolitische Forderung nach Freihandel beruht auf der Hypothese, dass die Welt und die am Außenhandel beteiligten Ländern durch den internationalen Warentausch Wohlfahrtsgewinne erzielen können.

Individualisierung.

Steigende Bedeutung individueller Präferenzen und Entscheidungen für das äußere Lebensschicksal der eigenen Person. Die Prägekraft traditioneller Herkunftsmilieus (z.B. Stamm, Nation, Klasse, Familie) für die Form der alltäglichen Lebensführung (z.B. Berufswahl, Partnerwahl, Konsumentscheidungen, Freundschaften, Freizeitaktivitäten) und für die Einstellungs- und Wertmuster (z.B. politische Präferenzen, Weltdeutungen, Selbstkonzepte) nimmt kontinuierlich ab, während die Bedeutung individueller Optionen, Kompetenzen und Entscheidungen dafür wichtiger wird.

Industrialisierung.

Expansion moderner technischer Verfahren und Produktionsprozesse, die mit Belastungen von Luft, Wasser und Boden durch Abfälle einhergehen. Aus der räumlichen Ausdehnung können die Fragmentierung von Ökosystemen bis hin zu deren Konversion, die Übernutzung von Standorten, Versiegelung und Schadstoffdeposition folgen. Außerdem fördert der mit der Industrialisierung allgemein zunehmende Lebensstandard das Abwandern aus der Landwirtschaft (Landflucht, Urbanisierung).

Institutionalisierung von Sozialleistungen.

Die staatliche Unterstützung wirtschaftlich schwacher Familienmitglieder (Sozialhilfe) und die Altersbetreuung (Pflegeversicherung) hebt zum einen die Kosten, die z.T. durch Steuergelder gedeckt werden. Zum anderen verliert das Zusammenleben in Großfamilien an Bedeutung, da sich junge Familienangehörige aus der Altersversorgung zurückziehen.

***Intensivierung der Landwirtschaft.**

Das Verhältnis der eingesetzten Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital, Boden) definiert die Intensität der Landwirtschaft. Durch erhöhten Düngemitteleinsatz oder den Übergang vom Grabstock zum Pflug (Mechanisierung und Automatisierung) erfolgt eine Intensivierung der agrarischen Produktion, die

durch die Zunahme des Verhältnisses Kapital/Boden gekennzeichnet ist. Arbeitsintensivierung erfolgt z.B. durch Substitution von Herbiziden durch Jäten und Terrassenbau. Verkürzung von Brachezeiten berührt beide Intensivierungsaspekte. Industrialisierung fördert die Verknappung des Arbeitskräfteangebots in der Landwirtschaft, so dass der Faktor Arbeit häufig durch Kapital substituiert wird. Via Zinsvergünstigungen, Prämien und Begünstigungen von Großfarmen und Plantagen treibt die Politik die Intensivierung der Landwirtschaft an. Der Intensivierungsdruck nimmt außerdem durch die Globalisierung der Märkte zu. Kapitalinput steigt durch Impulse aus der Bio- und Gentechnologie. Unangepasste Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zieht Erosion, Verdichtung des Bodens, Verlust biologischer Vielfalt nach sich. Stark industrialisierte Länder erfahren durch Kapitalintensivierung Freisetzung bisher landwirtschaftlich Beschäftigter und erhöhten Abwanderungsdruck aus ländlichen Regionen.

Intensivierung von Ausbildung und Qualifikation.

Um Umweltschäden frühzeitig erkennen und verhindern zu können, sind Bewusstsein und fachspezifische Kenntnisse erforderlich, für die bereits in der schulischen und der beruflichen Ausbildung durch intensive Auseinandersetzung mit Umweltproblemen, politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen Grundsteine gelegt werden (Umweltbildung). Darauf aufbauende, hoch qualifizierende Ausbildungsberufe schaffen die Voraussetzungen, wachsende Technologierisiken zu bewältigen und damit die natürliche Umwelt langfristig zu erhalten.

Internationale Migration.

Wanderungsbewegungen im überregionalen Maßstab, die aus Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt sowie sozialen und politischen Disparitäten folgen.

Internationale Verschuldung.

Seit dem rapiden Anstieg der Erdölpreise zu Beginn der 1970er Jahre wurden die internationalen Kapitalmärkte mit Finanzmittel der erdölexportierenden Staaten überschwemmt. Verbunden mit einer Konjunkturabschwächung in den Industriestaaten führte dies zu niedrigen Zinssätzen, die viele Entwicklungsländer zu hohen Kreditaufnahmen im Ausland veranlassten. Hohe Haushaltsdefizite und verfehlte Wirtschafts- und Investitionspolitik waren häufige Folgen. Prestigeprojekte und Rüstungskäufe, die mit den Krediten finanziert wurden, waren kaum rentabel, entsprechend konnten die Zinsrückzahlungen nicht erwirtschaftet werden. Als Reaktion darauf wurde das Exportvolumen erhöht, woraufhin die Preise fielen und Ausfuhrbemühungen zunahmen. Der Teufelskreis nahm in den 1980er Jahren als internationale Schuldenkrise Gestalt an.

***Konversion natürlicher Ökosysteme.**

Unter Konversion ist die Umwandlung eines bestehenden in ein anderes Ökosystem zu verstehen. Die Umwandlung erfolgt innerhalb einer kurzen Zeitspanne und geht mit der Vernichtung des ursprünglichen Ökosystems einher. Dieser Trend ist weltweit in allen terrestrischen Ökosystemen zu beobachten. Beispiele sind die Zerstörung der tropischen Regenwälder, der Waldökosysteme der boralen Zone sowie die Vernichtung von Savannen und Feuchtgebieten. Polargebiete sind kaum und Wüsten nur in den Randzonen von Konversion betroffen. Die Konversion von Ökosystemen wird durch Versiegelung, Zersiedelung und die Ausweitung der landwirtschaftlichen Produktion gefördert. Weiterhin tragen Verschuldung, Globalisierung und Tourismus zur Zerstörung natürlicher Ökosysteme bei. Wachsendes Umweltbewusstsein und demokratische Prozesse können Konversion abschwächen. Die Umwandlung von Lebensräumen ist die Hauptursache für den Verlust der biologischen Vielfalt. Die Zerstörung der natürlichen Lebensräume führt sowohl zur Verringerung der Artenzahlen als zu Veränderungen der Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften (Abundanz), wovon vor allem Spezialisten mit engen ökologischen Nischen betroffen sind. Durch Zuchtwahl wurde

die genetische Diversität der wichtigsten Kulturarten erheblich reduziert und in einigen Fällen die Wildformen ausgerottet (Generosion). Die Vernichtung natürlicher Ökosysteme – wie das Abholzen von Wäldern - führt zu Nährstoffauswaschung und Bodenerosion. Diese Veränderungen haben weitreichende Folgen für das globale wie regionale Klimageschehen.

Landflucht.

Binnenwanderung und berufliche Mobilität vom Land in die Stadt, die häufig aus wirtschaftlicher Notlage heraus erfolgen. Landflucht ist eine notwendige Voraussetzung und zugleich Begleiterscheinung der Industrialisierung.

Mechanisierung und Automatisierung.

Einsparung menschlicher Arbeitskraft durch Schaffung technischer Einrichtungen, die meist elektronisch gesteuert werden und die Produktion schneller, genauer und nach Erwirtschaftung der hohen Investitionskosten ökonomischer gestalten. Automatisierung und Mechanisierung bringen eine Erhöhung des Lebensstandards mit sich, jedoch auch wirtschaftliche und soziale Probleme. Die Struktur des Arbeitsmarktes ändert sich infolge zunehmender Verwaltungs- und Kontrollaufgaben, erfordert eine Reformation des Ausbildungswesens und ist häufig mit dem ersatzlosen Abbau von Arbeitsplätzen verbunden (Zunahme struktureller Arbeitslosigkeit).

Medizinischer Fortschritt.

Die Weiterentwicklung der Medizin ist eng mit der Bio- und Gentechnologie verknüpft (z. B. künstliche Insulinproduktion). Als Folge des medizinischen Fortschrittes wurden die Kindersterblichkeit und das Auftreten tödlicher Krankheiten (Cholera, Pest) drastisch reduziert. Problematisch ist jedoch die Zugänglichkeit der Medikamente auf der Welt, die mittels Patenten und in Genpools größtenteils auf die Industrienationen beschränkt bleiben. Deshalb gelangen in Entwicklungsländern häufig minderwertige Duplikate auf den Markt (z.B. AIDS-Medikamente in Südafrika), deren Einnahme z.T. mit erheblichen Nebenwirkungen verbunden ist.

Meeresspiegelanstieg.

Der Meeresspiegel steigt durch das Abschmelzen von Gletschern an (Veränderung der Eiskappen und Gletscher). Daraus ergeben sich weitreichende Folgen für Gebiete, die sich nur gering über den Meeresspiegel erheben. So werden z. B. die Tiefländer in Bangladesh und Indien sowie in Norddeutschland überschwemmt und stehen demzufolge nicht mehr für die menschliche Besiedelung und landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung.

Nichtregierungs-Organisationen (NRO).

Nichtregierungs-Organisationen werden auf lokaler, regionaler oder globaler Ebene von Einzelpersonen oder Interessensvertretungen initiiert. Sie arbeiten unabhängig von staatlichen Vorgaben, übernehmen politische Koordination, Projektplanung, Management und sind vor allem im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit und Medienproduktion aktive Vorreiter (z.B. Greenpeace, Bund für Umwelt und Naturschutz BUND, Naturschutzbund Deutschlands NABU, People and Nature PAN).

Politikversagen.

Auf politischer Ebene sind Sanktionen (Auflagen bei Verstößen gegen Umweltgesetze) ein Mittel, um den Schutz der Umwelt zu gewährleisten. Herrscht eine schwache Sanktionspolitik im Zusammenwirken mit Korruption vor, können Naturschutzstrategien nicht effizient durchgesetzt werden. Von Politikversagen spricht man, wenn Schutzmaßnahmen aufgrund fehlender Kompetenz und Motivation der Politiker nicht umgesetzt werden können.

Protektionismus.

Wirtschaftspolitisches Prinzip, das besonders im Außenhandel die inländischen Erzeuger durch Einfuhrkontingente, Schutzzölle etc. vor dem Wettbewerb des Auslandes schützt. Der globale Warenaustausch wird gegenüber dem regionalen Transfer benachteiligt. Im Gegensatz dazu fördert Freihandel die Globalisierung der Märkte.

***Reduktion stratosphärischen Ozons.**

Aus dem Abbau anthropogener Spurengase (vgl. Treibhauseffekt) in der Stratosphäre gehen für den Ozonabbau verantwortlichen Verbindungen wie Chlormonoxid (ClO), Brommonoxid (BrO) und Stickoxide hervor. Chlor und Brom, Abbauprodukte der FCKWs, zerstören Ozon (O_3) in der Stratosphäre. Des weiteren tragen erhöhte N_2O- und CH_4-Gehalte wegen der Bildung ozonabbauender Katalysatoren wie NO und OH zur Reduktion des Ozons bei. Extreme Ozonverluste sind dort zu verzeichnen, wo die homogene Gaschemie der Stratosphäre durch heterogene Prozesse (chemische Umwandlung an Oberflächen fester und flüssiger Bestandteile) überlagert wird. Dies trifft vor allem auf die Antarktis, deren Stratosphäre sich im Verlauf des Winters stark abkühlt, zu. Ein Abbau im Bereich der maximalen Ozonkonzentration (etwa zwischen 20 und 30 km Höhe) ist mit der Zunahme des UV-B-Strahlungsanteils in den tieferen Schichten der Atmosphäre verbunden. Aus dem Ozonabbau erwachsen Veränderungen von Klima, Ökosystemen sowie Risiken hinsichtlich Ernährung und Gesundheit des Menschen.

***Regionale Luftverschmutzung.**

Konzentration toxischer Verbindungen in bodennahen Luftschichten nahe von Verschmutzungsquellen, die innerhalb der Wohn- und Arbeitssphäre Belastung hervorrufen. Relevante Schadstoffe sind Gase wie Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x) und Ozon (O_3) sowie Kohlenwasserstoffe, feste Partikel und Schwermetalle. Aus zunehmender Urbanisierung, Verkehrs- und Industriedichte resultierende Emissionen verstärken die Luftverschmutzung. Zusätzlich sind Transportprozesse in der Atmosphäre in Betracht zu ziehen. Schadstoffanreicherungen verursachen Veränderungen von natürlichen Systemen und Gesundheitsschäden beim Menschen.

Regionaler und globaler Klimawandel.

Im Gegensatz zu natürlichen langfristigen Klimaänderungen der Erdgeschichte treten kurzfristige Veränderungen der allgemeinen Witterungserscheinungen eines Gebietes (regional) oder der Erde (global) auf, die als Klimawandel bezeichnet werden. Einerseits hat der Klimawandel natürliche Ursachen wie die Änderung des Staubgehaltes der Stratosphäre (Vulkanausbrüche) oder der Meeresströmungen, andererseits beeinflusst insbesondere der Mensch durch großflächige Vernichtung von Wäldern, zunehmende Luftverschmutzungen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und der Verwendung von Treibgasen (Aerosol-Sprühdosen) das Klima nachhaltig. Der Klimawandel hat oft negative Konsequenzen für die landwirtschaftliche Nutzung, Fischereiwirtschaft, Gesundheit und Lebensqualität, da eine Anpassung an das veränderte Klima kurzfristig kaum realisierbar ist.

Resistenzbildung.

Durch Anpassung können Organismen unempfindlich (resistent) gegenüber Umwelteinflüssen werden. Die Vegetation bringt durch natürliche Auslese schädlingsresistente Individuen hervor, während landwirtschaftliche Nutzpflanzen resistent gezüchtet werden (Bio- und Gentechnologie). Beim Menschen wirken sich Impfprogramme, die Krankheiten lokal stark zurückdrängen (Masern, Pocken, Cholera), positiv aus. Die in der Massentierhaltung (z.B. Hühnerfarmen) eingesetzten Antibiotika wirken jedoch über die Nahrungskette negativ auf den Menschen und lösen Resistenzen aus. Damit sind Antibiotika in einigen Fällen unwirksam in der Behandlung von Krankheiten.

***Rückgang der traditionellen Landwirtschaft.**

Die traditionelle Landwirtschaft umfasst Produktionsmethoden und das Agrarwissen kleinbäuerlicher Gruppen der Almenwirtschaften Mitteleuropas sowie subsistenzorientierter Anbaumethoden der Tropen und Subtropen. Aufgrund von Modernisierungsprozessen verlieren sie an ökonomischer Kraft und sozialer Stellung. Da die ursprüngliche Bewirtschaftung arbeitsintensiv ist, wirken sich Arbeitskräftefluktuationen, die im Zusammenhang mit Migrationsbewegungen (Landflucht) stehen, negativ aus. Durch die Intensivierung der Landwirtschaft werden ländliche Produzenten häufig verdrängt und zur Aufgabe der herkömmlichen Bewirtschaftung z.B. zugunsten einer kurzfristigen Ertragssteigerung durch verkürzte Brachezeiten gezwungen. Die Verbreitung westlicher Lebens- und Konsumgewohnheiten sowie marktwirtschaftlicher Ordnungsprinzipien verdrängt Produkte des traditionellen Anbaus vom Markt (z.B. Weizen- statt ursprünglichem Hirsekonsum in Westafrika). Politische Aktivitäten orientieren sich vornehmlich an städtischen Leitbildern (Infrastruktur, Arbeitsplatzpotenziale, Nahrungsmittelversorgung, Gesundheitsvorsorge, Bildung), die den Stadt-Land-Kontrast verschärfen und die Migration ankurbeln (z.B. Konflikt Nomaden und Zentralregierungen Westafrikas). Als Folgen der abnehmenden traditionellen Landbewirtschaftung treten Degradation der Bodenstruktur, Fertilitätsverluste und Erosion in den Vordergrund. Gehen traditionelle Methoden, Rechtssysteme und Wissen verloren, deckt sich die degradierende Wirkung dieses Trends mit der Intensivierung der Landwirtschaft.

Rückgang traditioneller gesellschaftlicher Strukturen.

Die Modernisierung der Gesellschaft, d.h. die Herausbildung kapitalistisch-marktwirtschaftlicher Produktionsweisen, demokratischer Staatsformen sowie säkularisierten und verwissenschaftlichten Kulturen, war in den heutigen Industrieländern mit einer Auflösung vormoderner wirtschaftlicher, politischer und kultureller Strukturen verbunden. Es traten gewinn- und rentabilitätsorientierte Formen der Betriebsführung in Konkurrenz zur Subsistenzwirtschaft, zentralstaatliche Formen an die Stelle charismatischer Stammesherrschaften und über Generationen praktizierte religiöse Zeremonien und festgelegte Wertvorstellungen werden durch die wissenschaftlich-technische Zivilisation herausgefordert. Die Weltgesellschaft insgesamt im Zeitverlauf betrachtet, versteht sich dieser Trend als Verlust kultureller Vielfalt.

Schädigung von Struktur und Funktion von Ökosystemen.

Durch anthropogene Eingriffe werden Ökosysteme in ihren natürlichen Prozessabläufen gestört, so dass sie strukturellen und funktionalen Veränderungen unterliegen, die bis zur Zerstörung der System führen können (**Konversion**). Beispiele für schädigende Eingriffe sind die Entnahme von Biomasse (Holzgewinnung in Wäldern, Fischereiwirtschaft), die landwirtschaftliche Produktion (vorbereitende Abholzung, Bodenbearbeitung, Einsatz von Düngemitteln), die **Urbanisierung**, die Zersiedelung der Landschaft, Emissionen aus Industrie und Verkehr und der Ausbau der Verkehrswege.

Sensibilisierung für globale Probleme.

Aufgrund offensichtlicher Schädigungen an Umwelt und menschlicher Gesundheit werden problematische Entwicklungen und deren Folgen zunehmend schneller erkannt und publiziert. Die Problemwahrnehmung der Bevölkerung ist eine wichtige Voraussetzung für die notwendige Änderung umweltrelevanter Produktions- und Konsumformen. In den meisten internationalen Erklärungen und Konventionen zur Bewältigung globaler Umweltprobleme und ihrer Folgen werden eine Stärkung des Umweltbewusstseins der Bevölkerung und Maßnahmen zur Umweltbildung gefordert.

Soziale und ökonomische Ausgrenzung.

Faktoren, die zur sozialen und ökonomischen Ausgrenzung führen, sind z.B. Langzeitarbeitslosigkeit, ein niedriges Einkommen und ein geringes Ausbildungsniveau. Mit der zwangsweisen Ausgrenzung aus dem Arbeitsleben verändern sich die Beziehungen zum sozialen Umfeld. Z.B. finden Kinder, deren Eltern arbeitslos sind oder über weniger finanzielle Mittel verfügen, weniger Anerkennung innerhalb ihrer Schulklassen.

Steigerung der Arbeitsproduktivität.

Je höher das Verhältnis von eingesetzter Arbeit zum Endprodukt, desto größer ist die Arbeitsproduktivität. Einsparungen an menschlicher Arbeitskraft und Zeit sind auf die Automatisierung der Produktion und technologische Fortschritte zurückzuführen. Aus der Steigerung der Arbeitsproduktivität folgen zunehmende Produktionskapazitäten, die zur Erhöhung des Ressourcenverbrauchs und zu Umstrukturierungen auf dem Arbeitsmarkt führen, sowie eine Erhöhung des materiellen Lebensstandards.

Steigerung der Kapitalintensität.

Die Umsetzung neuer Projekte erfordert geistige, materielle und finanzielle Investitionen. Die Mengen an Rohstoffen, Geld und Arbeitskräften, die als Kapital in die neue Produktion einfließen, entscheiden mit über die Rentabilität des Unternehmens.

Steigerung der Nahrungsmittelproduktion.

Die anwachsende Bevölkerung erfordert hohe Nahrungsmittelmengen, die in erster Linie durch Intensivierung der Agrarproduktion erwirtschaftet werden. Gesteigerter Düngemitteleinsatz, intensivere Bodenbearbeitung, erhöhte Viehbestandsdichten und höhere Bewässerungsgaben, die daraus folgen, suchen die Leistungsfähigkeit der Agrarökosysteme auszuschöpfen. Übersteigt der Ernteentzug die Regenerationskraft der Ökosysteme (Übernutzung), muss der Anbau auf Ersatzflächen verlegt werden, womit eine Zunahme des Flächenverbrauchs verbunden ist oder marginale Räume mit geringem Ertragspotenzial (flachgründige, nährstoffarme Böden, steile Hänge, Trockengebiete) in die landwirtschaftliche Produktion einbezogen werden und die Produktionskosten drastisch erhöhen können.

Steigerung der Ressourcenproduktivität.

Ressourcen sind Rohstoffe, die der Herstellung von Gütern dienen. Ihre Produktivität ergibt sich aus dem Leistungsoutput (Ertrag) pro eingesetzter Ressourceneinheit. Technische Innovationen und Recycling von Altmaterial vermindern die Einsatzmenge natürlicher Rohmaterialien und erhöhen damit die Produktivität der Ressourcen. Gleichzeitig sinkt die Nachfrage nach natürlichen Rohstoffen, wodurch nicht-regenerierbare Energiequellen geschont werden (Kohle, Erdöl, Erdgas).

Süßwasserverknappung.

Die intensive Bewässerung, die Trinkwassergewinnung und erhöhte Evapotranspirationsleistungen (durch Abholzungen und Veränderungen von Vegetationsbeständen) schränken die Regeneration des Süßwasservorrates ein. Mit der Verknappung gehen häufig kriegerische Auseinandersetzungen (z.B. Jordangebiet) einher, die sowohl ökonomisch als auch politisch motiviert sind.

Technische Großprojekte.

In industrialisierten Regionen, in Verkehrswesen und Wasserbau erlangen technische Großunternehmen, die der wirtschaftlichen Anbindung marginaler Regionen (Straßen- und Schienenbau), der Versorgung der Bevölkerung und der effizienten Nutzung natürlicher Ressourcen dienen (Wasserkraftwerke, Staudämme) immer größere Bedeutung. Beispielhaft dafür stehen die Rhein-Kanäle, der

Große Kanal (Yunhe, China), die Melioration (Be- und Entwässerung) landwirtschaftlicher Nutzflächen und Windkraftanlagen entlang von Küsten.

Technischer Umweltschutz.

Technische Maßnahmen, die die Biosphäre vor schädigenden Einflüssen schützen und eingetretene Schäden beseitigen oder mildern sollen. Der technische Umweltschutz umfasst Bemühungen zur Reinhaltung von Luft, Wasser und Boden, die Abfallbeseitigung sowie den Lärm- und Strahlenschutz. Emissionen aus Industrie, Verkehr und Haushalten können durch Einbau von Filteranlagen (Rauchgasentschwefelung) Waschverfahren, Katalysatoren, Änderungen im Produktionsprozess, Einsatz von Ersatzstoffen wirksam reduziert werden. Abwässer werden in Kläranlagen mechanisch, chemisch und z.T. biologisch vorgereinigt. Vor allem biologisch nicht abbaubare Substanzen wie anorganische Salze, Mineralöle und zyklische Kohlenwasserstoffe überfordern die Selbstreinigungskraft von Gewässern und müssen daher entfernt werden. Der Maßnahmenbereich zum Schutz der Böden erstreckt sich z.B. auf geordnete Abfalldeponien, Anwendungsbeschränkungen schwer abbaubarer Altstoffe in technischen Prozessen und Pflanzenschutzmitteln sowie die kontrollierte Düngung mit Klärschlamm. Die Entwicklung des technischen Umweltschutzes ist eine wesentliche Voraussetzung für präventive Maßnahmen zur Entlastung der Umwelt von potenziellen Schadstoffen.

Tertiärisierung.

Nach der *Drei-Sektoren-Hypothese* kommt es mit zunehmendem Pro-Kopf-Einkommen zu einer sektoralen Strukturveränderung vom primären über den sekundären zum tertiären Sektor, d.h. es findet ein Übergang von der Agrar- über die Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft statt. Die These von der *nachindustriellen Gesellschaft* geht ebenfalls davon aus, dass das materielle Wirtschaftswachstum der industriellen Gesellschaft zunehmend von einem nichtmateriellen Wachstum abgelöst wird. Der wissenschaftliche und technologische Fortschritt dringt in sämtliche Wirtschaftsbereiche ein, die Erwerbs- und Berufsstruktur ändert sich dahingehend, dass qualifizierte Berufe und technische Intelligenz die nachindustrielle Gesellschaft prägen. Insbesondere die Schwellenländer weisen ein hohes Wachstum des Dienstleistungssektors auf (Singapur 1980-93 Zunahme um 7,4%, Ostasien/Pazifik um 8,2%, Europa nur um 2,5%).[5] Die Nachfrageverschiebung von Waren zu Dienstleistungen begünstigt vor allem die Wohnungsnutzung, den Verkehr und den Tourismus, also Einkommensverwendungen, die die Umwelt durch Energieverbrauch, Lärmbelästigung und Umwandlung von naturnahen Flächen in Siedlungsflächen belasten. Abgesehen vom Transportwesen werden jedoch auch Einkommen geschaffen, ohne dass die natürliche Umwelt stark beeinträchtigt wird (Verwaltung).

***Troposphärenverschmutzung.**

Großräumige Belastung der Troposphäre (Luftschichten bis 15km Höhe) luftchemisch gebildeter oder anthropogen eingetragener Spurengase (Kohlendioxid CO_2, Methan CH_4, Distickstoffoxid N_2O, Fluorchlor-Kohlenwasserstoffe FCKW und Halogenwasserstoffe). Die überhöhte Zufuhr eutrophierender Gase resultiert aus industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten. Die Intensivierung der Landwirtschaft, der Verbrauch fossiler Energieträger und das zunehmende Verkehrsaufkommen unterstützen des weiteren die Freisetzung von Säurebildnern. Die veränderte Spurengaszusammensetzung schädigt die Biosphäre, indem sie Ernährungsgrundlagen und die Artenzusammensetzung modifiziert. Z.B. verursacht die Eutrophierung mit Stickstoff sowie die Versauerung Schäden an Waldökosystemen, die zu Produktionsverlusten führen. Neben biologischen Konsequenzen und Ernteeinbußen bestehen vor allem in Smog-Gebieten erhebliche Gesundheitsrisiken für den Menschen. Die mit der Verschmutzung

[5] Vgl. Weltbank, Weltentwicklungsbericht 1995, Washington, 1995, S. 164f.

einhergehende Trübung der Atmosphäre verstärkt die Rückstreuung der Sonneneinstrahlung und verstärkt somit den Treibhauseffekt.

***Überdüngung.**

Überdüngung ist der Eintrag mineralischer und organischer Stoffe in Ökosysteme, die den physiologischen Bedarf der betroffenen Populationen übersteigen. Seit der Industrialisierung hat die Konzentration anthropogener Schadstoffe in Luft, Wasser und Boden (SO_2, NO_x, Kohlenwasserstoffe) drastisch zugenommen. Luftschadstoffe können über große Entfernungen transportiert werden und wie im Fall mitteleuropäischer Emissionen im skandinavischen Raum die Versauerung von Böden und Gewässern unterstützen. Intensive Landwirtschaft mit unangepassten Düngergaben fördert die Überdüngung von Standorten. Durch Überdüngung werden Stoffe angereichert, die entweder im System verbleiben, in den meisten Fällen jedoch mit dem Oberflächenabfluss, dem Sickerwasser oder gasförmig abtransportiert werden (Phosphate, Nitrate gelangen in Grundwasser und Vorfluter, Lachgas entweicht aus Waldökosystemen). Überdüngung belastet nicht nur Nachbarökosysteme, sondern ist auch unökonomisch.

***Übernutzung natürlicher Ressourcen.**

Übernutzt werden Bestände, wenn die natürliche Reproduktion die entnommenen Ressourcen nicht mehr ausgleichen kann. Häufig werden tropische Holzarten zu stark abgeerntet, Grasländer überweidet, Fanggründe überfischt, so dass die wildlebenden Populationen stark dezimiert werden. Das Bevölkerungswachstum führt zur gesteigerten Nutzung biologischer Ressourcen durch Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen auf marginale Standorte, womit das Risiko der Übernutzung zunimmt. Der technische Fortschritt, der die Erschließung selbst abgelegener Gebiete lohnend macht, leistet diesem Prozess Vorschub. Internationale Märkte für natürliche Ressourcen und fallende Handelsschranken (Globalisierung) verstärken diesen Trend ebenfalls. Informelle Nutzungsrestriktionen zur Vermeidung der Übernutzung sind im Zuge des gesellschaftlichen Wandels häufig verloren gegangen. Mit der Dezimierung natürlicher Populationen geht eine genetische Verarmung einher, die im Extremfall zur Ausrottung von Arten führt. Jede Nutzung biologischer Ressourcen hat Veränderungen, als extreme Konsequenz auch Konversion der Ökosysteme zur Folge. Die Entwicklung neuer Technologien und die Substitution von Werkstoffen können die Produkte aus wildlebender Flora und Fauna ersetzen. Auf politischer Ebene tragen internationale Abkommen und Institutionen zur ressourcenschonenden Nutzung der Umwelt bei.

Urbanisierung.

Wachstum der Städte, Verlagerung des sozialen Lebens vom Land in die Stadt und Durchdringung des Landes mit städtischen Lebensformen. Mit der Urbanisierung gehen naturräumliche, ökonomische und soziale Veränderungen einher (Versiegelung, Deposition von Abfall, Luftverunreinigungen, Wasserverschmutzungen, Ausweitung der Verkehrsnetze und unangepasste Müllbeseitigung, Umstrukturierungen des Arbeitsmarktes, Veränderung gesellschaftlicher Verknüpfungen).

Veränderte Frachten von gelösten und partikulären Stoffen.

Durch Erosion und Eintrag von Stoffen (Nährstoffe, Öl, Abwasser) verändert sich die Konzentration der gelösten und ungelösten (partikulären) Substanzen im Wasser. Daraus resultieren Belastungen von Ökosystemen, der menschlichen Gesundheit und technischer Bauwerken (Sedimente in Bewässerungsanlagen und Staudämmen).

Veränderung der Eiskappen und Gletscher.

Die mit dem Klimawandel einhergehende Erhöhung der Lufttemperatur führt zum Schmelzen von Eiskappen und Gletschern, so dass der Meeresspiegel ansteigt und bei intensiven Tauvorgängen die Wassertemperatur der Ozeane abnimmt. Damit ist ein Wandel der Tier- und Pflanzengemeinschaften verbunden (Ab-, Zuwanderungen, Aussterben).

Veränderung der lokalen Wasserbilanz.

Die Wasserbilanz umfasst Zu- und Abflüsse, die Evaporation (passive Verdunstung aus dem Boden) sowie die Transpiration (aktive Verdunstung der Vegetation). Das in natürlichen Systemen langfristig vorherrschende Gleichgewicht dieser Faktoren wird durch Wasserentnahme (Trinkwasser, Bewässerung, Trockenlegung von Tagebauen), die Erhöhung der Evaporation (Abholzung) und der Transpiration (Veränderung von Vegetationsbeständen) erheblich beeinträchtigt.

Veränderung der Wasserqualität.

Industriebetriebe, Verkehr und Haushalte tragen Schadstoffe (Öl, Salze, Schwermetalle, Abfälle) in Gewässer ein und verändern damit dessen Qualität. Tier- und Pflanzenpopulationen werden belastet und gleichzeitig die menschliche Nutzung wie z.B. die Gewinnung von Trinkwasser erschwert (Säuberung, Aufbereitung).

Veränderungen des Grundwasserspiegels.

Grundwasser entsteht aus unterirdischem Zufluss und versickerndem Niederschlagswasser. Melioration (Be- und Entwässerung), die der Umwandlung von trockenen Gebieten (Bewässerung) und Mooren (Entwässerung) in landwirtschaftliche Nutzflächen dient, verändert den lokalen Grundwasserspiegel. Außerdem trägt die Urbanisierung, der Ausbau von Verkehrswegen und die Nutzung natürlicher Gewässer (Gewinnung von Trinkwasser) zur Veränderung des Grundwasserspiegels bei. Tier- und Pflanzengemeinschaften müssen sich an die neuen Bedingungen anpassen (z.B. Auenvegetation an trockengelegten Flussufern, Veränderung und Konversion von Ökosystemen).

***Verdichtung.**

Boden weist im natürlichen Zustand ein System von Hohlräumen auf, das auf die Bodenentwicklung und die Aktivität der Mikro- und Makrofauna zurückzuführen ist. Durch Verdichtung wird die Kontinuität der Hohlräume unterbrochen. Verdichtungen werden durch den Einsatz schwerer Maschinen in der Landwirtschaft, Viehtritt und Einlagerungen feinkörnigen Materials verursacht. Als Folge ist die Funktion des Porensystems des Bodens, das dem Luft- und Wassertransport dient, stark eingeschränkt.

Verlust biosphärischer Senken.

Kohlenstoff wird in der Phytomasse und den Ozeanen, die die Senken im globalen Kohlenstoffkreislauf darstellen, gespeichert. Waldbrände, Abholzungsaktivitäten und Nutzungsveränderungen dezimieren die Biomassespeicher. Des weiteren wird durch Temperaturerhöhung (regionaler und globaler Klimawandel), die zu geringerer Wasserlöslichkeit von Kohlendioxid (CO_2) führt, weniger Kohlenstoff gespeichert.

***Versalzung.**

Versalzung ist sowohl ein natürlicher als auch durch Bewässerung verursachter Prozess. Ist der Wassernachschub durch Niederschläge oder das Bewässerungswasser geringer als die Verdunstung (Evapotranspiration), erfolgt ein Aufwärtstransport von Salzen mit dem kapillaren Aufstieg. Die Versalzung hängt folglich von der Salzmenge und der Wassernachlieferung aus tieferen Schichten des Bodens ab. Eine Ausweitung der bewässerten Flächen, d.h. die Intensivierung der Landwirtschaft, und

lokale Einträge über die Atmosphäre verstärken diesen Trend. Versalzung wirkt auf die soziale und ökonomische Marginalisierung (Verdrängung vom Markt), da agrarisch genutzte Flächen nicht unbegrenzt ausgeweitet werden können. Des weiteren werden natürliche Ökosysteme destabilisiert mit der Folge abnehmender biologischer Vielfalt und potenzieller Konversion der Systeme.

***Versauerung.**

Im Laufe der Verwitterung werden im Boden Ionen freigesetzt, die eine saure Reaktion hervorrufen und die Eigenschaften der Böden und das Pflanzenwachstum direkt beeinflussen. Die Anreicherung der Ionen - als absolute Akkumulation durch Einträge (exogen) oder Freisetzung aus dem verwitternden Gestein (endogen) und als relativer Prozess durch Auswaschung anderer Ionen - führt zur Versauerung der Böden. Bodenversauerung tritt durch Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre, saure Niederschläge, sauren Dünger, Nährstoffentzug durch die Vegetation auf. Die unsachgemäße Nutzung landwirtschaftlicher Standorte, z.B. durch übermäßiges Düngen, und die verstärkte Belastung der Atmosphäre seit der Industrialisierung fördern die Versauerung. Aus stark versauerten Böden werden bevorzugt schwerlösliche und toxische Mineralien (Eisen, Aluminium) gelöst, die zur Eutrophierung von Gewässern und Destabilisierung von Ökosystemen, z.B. Waldsterben, sowie zum Verlust an Fertilität und biologischer Vielfalt führen können. Die Folgen der Versauerung können durch technischen Fortschritt, Umweltbewusstsein und internationale Abkommen vermindert werden.

***Versiegelung.**

Versiegelte Flächen sind oberflächlich abgedichtet, so dass der Gas-, Stoff- und Wasseraustausch zwischen Boden und Atmosphäre stark herabgesetzt oder unterbunden ist. Urbanisierung, Zersiedelung, Ressourcenabbau und der Ausbau von Verkehrswegen, d.h. die extreme Beanspruchung und Übernutzung der Ökosysteme, leisten der Versiegelung enormen Vorschub. Auf versiegelten Flächen fließt Wasser bevorzugt oberflächlich ab, so dass der Grundwasserspiegel absinkt. Evaporation (passive Verdunstung aus dem Boden) und Transpiration (aktive Verdunstung der Vegetation) werden eingeschränkt. Durch Unterbindung der natürlichen Stoff- und Energieflüsse werden die Ökosysteme destabilisiert (Verlust an biologischer Vielfalt, Fragmentierung, Konversion). Diesem Trend kann im privaten Bereich bereits entgegengewirkt werden, indem bei der Anlage von Hauseinfahrten und Parkplätzen durchlässiges Material zum Einsatz gelangt, das potenziellen Vegetationswuchs zulässt.

Verstärkter Treibhauseffekt.

Der natürliche Treibhauseffekt wird durch Spurengase (CO_2, H_2O, CH_4) in der Troposphäre – der uns unmittelbar umgebenden Luftschicht bis in 15km Höhe – hervorgerufen. Die Gase lassen die kurzwellige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert bis zur Erdoberfläche passieren, während sie einen Teil der langwelligen Wärmestrahlung, die von der Erde ausgestrahlt wird, absorbieren. Deshalb heizen sich die Erdoberfläche und die bodennahe Luftschicht auf. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde die durchschnittliche Lufttemperatur der Erde nicht +15°C, sondern –18°C betragen. Durch anthropogene Einflüsse wie Heizen, Verkehr und Industrie wird der Treibhauseffekt verstärkt. Folgen der Temperaturerhöhung sind Klimawandel, ein Anstieg des Meeresspiegels sowie die Verschiebung von Klimazonen mit kaum abschätzbaren Einflüssen auf verschiedene Formen der Landnutzung.

Verstärkung biosphärischer Quellen.

Im globalen Kreislauf fungieren Biomasse und Meere als potenzielle Kohlenstoffquellen. In natürlichen Systemen geben Ökosysteme durch Dekomposition, chemische Prozesse und Temperaturschwankungen aus Vegetation, Wasser und Boden gasförmige Kohlenstoffverbindungen in die Atmosphäre ab. Anthropogene Aktivitäten wie die Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen und Abgase aus Industrie, Verkehr und Haushalten (Heizungen) führen zu verstärkter Zunahme des atmosphärischen

Kohlenstoffgehaltes. Der mit Temperaturerhöhung einhergehende Klimawandel setzt ebenfalls vermehrt Kohlenstoff aus den Ozeanen frei.

Verstärkung des nationalen Umweltschutzes.

Mit Hilfe von Auflagen z.B. zu Grenzwerten für Schadstoffemissionen, Abfalltransporten und -deponien (Sondermüll) wird das Umweltrecht (z.B. europäische Umweltgesetze) auf nationaler Ebene umgesetzt. Neben solchen Richtlinien eröffnet die Ausweisung von Schutzgebieten (Naturpark, Nationalpark, Biosphärenreservat) Potenziale, die natürliche Umwelt zu schützen und ihre Regeneration zu unterstützen.

Wachsendes Technologierisiko.

Die zunehmende Automatisierung und Technologisierung der Produktion kann kaum abzuschätzende Gefahren schaffen. Am Beispiel der Atomkraftwerke wird deutlich, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls nicht sehr hoch ist, die Schäden bei Eintritt jedoch enorme Ausmaße erreichen (Tschernobyl 1986: Strahlenverseuchung, Missbildungen bei Kindern, drastisch erhöhtes Krebsrisiko). Des weiteren erwächst die Gefahr von Flussbelastungen mit Schwermetallen und Quecksilber, wenn die bei der Erzgewinnung anfallenden Schlämme nicht sachgemäß gelagert werden und ins Gewässer gelangen.

Wachsendes Umweltbewusstsein.

Umweltbildung und steigende Sensibilisierung für Umweltprobleme fördern den verantwortungsbewussten Umgang mit der natürlichen Umwelt. Eine Bevölkerung, die mit Umweltbewusstsein und Bereitschaft zu umweltgerechtem Verhalten hinter den politischen Entscheidungsträgern steht und die Lösung globaler Umweltprobleme einfordert, ist Voraussetzung einer erfolgreichen Globalen Umweltpolitik.

Wachsendes Verkehrsaufkommen.

Zunehmende Verkehrsströme tragen erheblich zur Belastung der Umwelt durch Emission von Abgasen (NO_x, SO_2, zyklische Kohlenwasserstoffe) und Ruß sowie durch gesteigerten Flächenverbrauch (Ausbau der Verkehrswege, Parkplätze) bei. Der private Autoverkehr begünstigt die Bildung von bodennahem Ozon (Allergien, Reizungen der Atemwege), während Abgase des Luftverkehrs zur Ozonzerstörung in höheren Schichten der Atmosphäre beitragen (Ozonloch).

Wissens- und Technologietransfer.

Die Übermittlung von Wissen und Technologien in Entwicklungsländer steht im Gegensatz zur reinen Übertragung von Maschinen, Anlagen und Fertigprodukten, wie sie in der Mitte des 20. Jahrhunderts vorherrschte.

Zentralisierung wirtschaftspolitischer Strategien.

Das Bestreben, wirtschaftspolitische Entscheidungsbefugnisse in einer Hand zu konzentrieren, eröffnet die Option, den Schutz der Umwelt im regionalen Maßstab zu koordinieren. Die Lösung lokaler Umweltprobleme erfordert jedoch Bürgernähe, denen zentralistische Strategien nicht gerecht werden. Z.B. müssen Entscheidungen zu staatlichen Produktionssubventionen an lokal variierende Verhältnisse der einzelnen Produktionsstandorte angepasst sein (Rohstoffverfügbarkeit, potenzielle Abfallentsorgung).

Zersiedelung.

Unkontrolliertes Wachstum von Städten und Siedlungen. Zersiedelung wird durch wachsende Industrie und Wohngebiete, flächenintensive Nutzungsformen der Infrastruktur (Flughäfen) und verstärkten

Ausbau von Hotel- und Ferienanlagen hervorgerufen. Sie fördert z.B. die Zerschneidung von Ökosystemen (Fragmentierung, Konversion) und die Versiegelung sowie erschwert die Erhaltung von Gebieten mit Schutzstatus.

Zunahme der sozialen und ökonomischen Disparitäten.

Der Arbeitsmarkt schafft soziale und wirtschaftliche Vernetzungen zwischen Individuen. Ungleichberechtigungen (Disparitäten) ergeben sich aus strukturellen Umwälzungen wie z.B. Massenentlassungen, Verlagerung von Produktionsstandorten und Zuwanderung konkurrenzstarker Unternehmen, die direkt auf die Lebenssituation der Bevölkerung wirken und außerdem Marginalisierung (Verdrängung in soziale und wirtschaftliche Randpositionen) auslösen.

Zunahme der Welthandelsströme.

Anstieg der weltweiten Im- und Exporte. Durch die Zunahme der Welthandelsströme müssen größere Warenmengen bewältigt werden, weshalb das Verkehrs- und Transportaufkommen ansteigt oder die Transporteffizienz gesteigert werden muss. Als Beleg dient der Ausbau von Flug- und Seehäfen. (Beispiel Hongkong: Wiedererstarkter Zwischenhandel mit China).

Zunahme ethnischer und nationaler Konflikte.

Konflikte entstehen durch Abspaltung von Interessensgruppen nach ihrer ethnischer Zugehörigkeit, aus traditionellen Besitzansprüchen oder politischer Motivation (Tschetschenien, Ex-Jugoslawien, politische Minderheitenkonflikte wie die Kurden in der Türkei). Sich erschöpfende natürliche Ressourcen wie vor allem Trinkwasserquellen sowie Vorräte an Bodenschätzen wie Erdöl, Erdgas und Erzen rufen aufgrund der damit verbundenen ökonomischen Notlage ebenfalls politische Auseinandersetzungen auf nationaler wie internationaler Ebene (z.B. Trinkwasser im Jordangebiet, Ölquelle in Kuwait) hervor.

Zunahme internationaler Abkommen und Institutionen.

Internationale Vereinbarungen zum Klima- und Artenschutz (z.B. Rio de Janeiro 1992, Kyoto 1998, Washingtoner Artenschutzkonvention, CITES) sollen den Erhalt der natürlichen Umwelt im globalen Maßstab sicherstellen. Z.B. konnte die Internationalen Walfangkommission ein umfassenden Fangverbotes durchsetzen, das den Schutz der Säugetiere unterstützt.

Zunahme umweltverträglicher Wirtschaftsweisen.

Innovative Programme, umweltpolitische Vorgaben, der gesellschaftliche Bewusstseinswandel und das damit verbundene Konsumverhalten führen zu strukturellen Veränderungen der Produktion, in deren Folge Umweltbelastungen vermindert werden. So sind vor allem in Industrieländern die Investitionen in Emissionsreduktionsmaßnahmen in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen und Umweltcontrolling, Auditing und Umweltberichte werden zunehmend selbstverständliche Elemente des betrieblichen Ablaufs.

Zunahme struktureller Arbeitslosigkeit.

Die Entwicklung dynamischer Volkswirtschaften ist mit einem Wandel von Wirtschaftstrukturen und damit von Angebot und Nachfrage nach Arbeitskräften verbunden. Die strukturelle Arbeitslosigkeit lässt sich auf Strukturprobleme des Arbeitsmarktes zurückführen, d.h. das Angebot an Arbeitsleistungen einer bestimmten Art, die sich nach Qualifikation, Berufserfahrung, Geschlecht etc. unterscheiden, übersteigt die Nachfrage nach Arbeitsleistungen dieser Art. Zudem sind die Arbeitskräfte nicht ausreichend mobil, um sich an die Arbeitsnachfrage anzupassen und auf anderen Märkten Arbeit zu finden. Strukturprobleme des Arbeitsmarktes beziehen sich nicht nur auf einen räumlichen Ausgleich der Nachfrage, sondern auch auf das Qualifikationsprofil des Arbeitsangebots. Die strukturelle Arbeitslosigkeit wird von anderen Arten der Arbeitslosigkeit, wie der saisonalen

Arbeitslosigkeit und der konjunkturellen Arbeitslosigkeit (ausgelöst durch gesamtwirtschaftliche Nachfragerückgänge) abgegrenzt.

Zunahme von Spurengasen.

Gase, die nur in Spuren in der Atmosphäre vorkommen, wie CO_2 , NO_x, CH_4 und FCKW wirken bei Anreicherung in der Atmosphäre als Treibhausgase und potenzielle Ozonzerstörer (vgl. verstärkter Treibhauseffekt).

Zunehmender Tourismus.

Tourismus bezeichnet den nationalen und internationale Fremdenverkehr. “Massentourismus” ist durch Entwicklung des Pauschalreisemarktes gekennzeichnet. Verbunden mit dieser Zunahme sind kurzfristige, ökonomische Erfolge (Wirtschaftswachstum, Arbeitsplätze), aber auch langfristige, negative ökologische Folgen (Versiegelung von Boden, Zerstörung von Ökosystemen, Verbrauch fossiler Brennstoffe, Abfälle, Lärm etc.), die in der Regel nicht durch die anfallenden Reisekosten internalisiert werden. Deshalb gibt es mittlerweile auch eine Tendenz zu einem “sanften Tourismus”, der versucht eine ökologie-orientierte Tourismus-Industrie zu begründen.

***Zunehmender Verbrauch von Rohstoffen und Energie.**

Landwirtschaft, Industrie und Dienstleistungssektor verbrauchen Rohstoffe, zu denen Boden, Wasser, Holz, Erze und Metalle zählen, sowie Energie. Weltweit gibt es hier einen Trend zur Verbrauchserhöhung: Der Weltverbrauch von nicht-erneuerbaren Primärenergieträgern (Kohle, Erdöl, Erdgas, Kernenergie) stieg zwischen 1970 und 1992 um 64% und zwischen 1980 und 1992 um 23% (Fischer-Weltalmanach 1996: 1063). Die Weltförderung von Eisenerz nahm zwischen 1979 und 1993 um 76% zu (Fischer-Weltalmanach 1996: 1021 und 1982: 865). Mit dem Wachstum des industriellen Sektors erhöht sich der Verbrauch an Rohstoffen und Energie. Die Verkürzung der Produktlebensdauer steigert den Verbrauch ebenfalls. Auch innerhalb der Tourismusbranche nimmt durch gesteigerten Aufwand für Transport, Infrastruktur und Dienstleistungen der Durchsatz an Rohstoffen und Energie zu. Dämpfend wirkt dagegen die Steigerung der Ressourcenproduktivität.

Zunehmendes Partizipationsinteresse.

Übergeordnetes Recht (z.B. Europa-Recht) muss in nationale Gesetze (Mitgliedstaaten der EU) umgesetzt werden. Die Umsetzung hängt in erster Linie vom Beteiligungswillen der Staaten selbst ab, wird aber auch von den übergeordneten Gremien eingefordert. Zusätzlich fördert bürgernaher Umweltschutz die Identifikation der Menschen mit ihrer Umgebung und ermöglicht somit die effiziente und motivierte Umsetzung lokaler Prämissen.

6 Glossar wichtiger Begriffe des Globalen Wandels

Adaptivität oder **Adaptive Kapazität** bezeichnet die Fähigkeit oder Kapazität eines Systems sich an sich ändernde Umweltbedingungen (vor allem klimatische) anzupassen.

AGENDA 21 ist das rechtlich nicht-bindende Aktionsprogramm für eine nachhaltige und zukunftsfähige Entwicklung, das 1992 auf der Konferenz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung beschlossen wurde. Die AGENDA 21 umfasst 40 Kapitel, in denen Einzelmaßnahmen zu sektoralen Themen (etwa Kapitel 15 zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, oder Kapitel 18 zum Süßwasserschutz) oder zu übersektoralen Themen (etwa zu „Finanzen”, „Jugend” oder „Institutionen”) in politisch verbindlicher Sprache empfohlen werden.

Agrobiodiversität umfasst den Teil der Biodiversität, dessen Interaktionen sich im räumlichen Zusammenhang von landwirtschaftlichen Produktionssystemen abspielen und unabhängig vom Komplexitätsgrad der genutzten Ökosysteme zur Stabilität und Produktivität und damit zur Nachhaltigkeit der Agrarökosysteme beitragen.

Agroforstwirtschaft (agroforestry) bezeichnet eine kombinierte land- und forstwirtschaftliche Nutzung, bei der der Anbau von Bäumen oder Sträuchern mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen oder der Viehhaltung integriert wird. Die Agroforstwirtschaft war früher in den Tropen und Subtropen eine verbreitete Praxis, die jetzt “neu entdeckt” wird.

Albedo ist der meist in Prozent ausgedrückte Anteil der Sonnenstrahlung, der an der Erdoberfläche (Boden, Wasser, Eis und Vegetation) oder an Wolken reflektiert wird.

Alkalisierung bezeichnet die Entstehung von Alkaliböden: diese entstehen vorwiegend in aridem und semi-aridem Klima, etwa auf tonigen Substraten mit schlechter Wasserführung wegen mangelhafter Bewässerungssysteme. Diese Böden sind gekennzeichnet durch hohe Anteile von Chloriden, Sulfaten und Carbonaten.

Allmende: Teil der Gemeindeflur, der sich (in Deutschland bis etwa Mitte des 18. Jahrhunderts) im Gemeineigentum der Dorfbewohner befand und von ihnen gemeinschaftlich genutzt wurde, gewöhnlich Weide und Wald. Hardin (1968) benutzte die Allmende als Beispiel für das ökologisch-soziale Dilemma der möglichen Übernutzung einer begrenzten natürlichen Ressource durch Individuen, die auf die Vergrößerung ihres eigenen, unmittelbaren Gewinnes bedacht sind und langfristige Folgen für die Gemeinschaft ignorieren („*The tragedy of the commons*“, Allmende-Klemme).

Allochton eingebürgert; Gegenteil: *autochton.

Allokation: Die Lenkung knapper Güter in ihre gesamtwirtschaftlich effizienteste Verwendung.

Aquiferen (Grundwasserleiter) sind durchlässige Gesteine, die Brunnen und Quellen speisen können. Diese Gesteine enthalten *Grundwasser und sind geeignet es weiterzuleiten und in wirtschaftlich bedeutsamen Mengen zu liefern.

Arides Klima ist ein Klima, dessen mittlere jährliche Gesamtverdunstung die mittlere jährliche Niederschlagsmenge übersteigt.

Ariditätsindex errechnet sich aus dem Verhältnis zwischen Niederschlägen und dem Feuchtigkeitsverlust des Bodens: unterschieden werden hyper-aride, aride, semi-aride, sub-humide und humide Gebiete, je nach Umfang ihres Feuchtigkeitsdefizits.

Artenvielfalt wird meist als Artenzahl pro Flächeneinheit angegeben. Die Artenvielfalt hat im Verlauf der Erdgeschichte stark zugenommen. Durch große Aussterbeereignisse (Massensterben) wurde die Artenvielfalt vorüber-gehend verringert, hat aber im frühen Holozän ihr Maximum erreicht. Die Zahl der Arten, die heute auf der Erde leben, kann nur abgeschätzt werden.

Atmosphäre Von *atmos* (griechisch: Dunst, Dampf) und *sphaira* (griechisch: (Erd) Kugel). Die gasförmige Hülle eines Himmelskörpers, speziell die Lufthülle der Erde. Die Haupt-bestandteile der Erdatmosphäre sind Stickstoff, Sauerstoff, Argon sowie Wasserdampf und Kohlendioxid. Nach der mittleren vertikalen Temperaturverteilung ergibt sich eine Gliederung der Atmosphäre in folgende Schichten:

Troposphäre - unterster Bereich der Atmosphäre: hier finden die wesentlichen Wettervorgänge statt. Sie reicht bis zu der in Höhe zwischen 8 und 17 km liegenden Tropopause.

Stratosphäre - sie beginnt oberhalb der Troposphäre und erstreckt sich bis zur Stratopause in etwa 50 km Höhe. In der Stratosphäre befindet sich die Ozonschicht.

Autochton alteingesessen, bodenständig; Gegenteil: *allochton.

Autotroph sind Lebewesen, die ihre Energie aus Sonnenlicht oder chemischen Reaktionen gewinnen, wozu alle grünen Pflanzen zählen.

Beeinflussbarkeit (Susceptibility) beschreib den Grad zu dem ein System offen oder sensitiv gegenüber äußeren Einflüssen (hier meist klimatischer Art) ist.

Bewertung biosphärischer Leistungen ist der Versuch biosphärischen Leistungen einen Wert zuzuschreiben. Ökonomische Bewertungsansätze zielen im Rahmen einer Monetarisierung darauf ab, ein monetäres Nutzenäquivalent für biosphärische Leistungen zu ermitteln, um einen Beitrag zur Objektivierung und Vergleichbarkeit zu leisten. Ebenso betont der Beirat die Bedeutung ethischer Bewertungskonzepte, insbesondere in den Fällen, in denen der ökonomische Ansatz aufgrund der Nichtsubstituierbarkeit und Irreversibilität vieler biosphärischer Leistungen an die Grenzen seiner Anwendbarkeit stößt.

Biodiversität bezeichnet die Artenvielfalt (species diversity), die genetische Vielfalt innerhalb der Arten (genetic diversity) und die ökologische Vielfalt (ecological diversity), d. h. die Vielfalt funktioneller Gruppen und die Verknüpfungen innerhalb und zwischen Lebensgemeinschaften. Biodiversität umfasst damit weit mehr als die Artenvielfalt, die als Artenzahl pro Fläche angegeben werden kann.

Biologische Imperative sind Prinzipien, die grundsätzliche Botschaften vermitteln sollen, wie die Werte der Biosphäre für heutige und kommende Generationen erhalten und nachhaltig genutzt werden können, ohne dass definierbare Schadensgrenzen festgelegt werden.

Biologische Vielfalt Bedeutet die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter u.a. Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören. Dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten sowie die Vielfalt der Ökosysteme (syn. Biodiversität).

Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) ist das Maß für die organische Belastung eines Wasserkörpers. Aus dem nach fünf Tagen in einem luftdicht verschlossenen Gefäß verbliebenem Sauerstoff kann auf die Menge der abgebauten organischen Substanz geschlossen werden.

Bioprospektion bezeichnet die Suche nach biologischen Ressourcen für wirtschaftliche Nutzanwendungen.

Bioregion ist ein Gebiet, dessen Abgrenzungen sich an naturräumlichen Grenzen orientiert. Eine Bioregion kann über die Grenzen von administrativen Einheiten wie Kommunen, Provinzen oder

Staaten reichen. Ziel der Betrachtung von Bioregionen ist es, den Umgang mit den biologischen Ressourcen in diesem Gebiet besser regeln zu können und Ökosystemprozesse in ihrem räumlichen Zusammenhang zu sehen. Eine Bioregion kann alle drei Landschaftsnutzungstypen - von Schutzgebieten bis hin zu intensiv genutzten Flächen - umfassen. Beispiele sind das Große Barriere Riff, das Wattenmeer oder das Biosphärenreservat Rhön.

Bioregionales Management versucht für eine *Bioregion unter Nutzung eines vielseitigen Instrumentenmix und unter Einbeziehung der relevanten Gruppen und Institutionen ein abgestuftes Schutz- und Nutzungskonzept für die biologischen Ressourcen zu entwickeln und umzusetzen. Ein Zonierungskonzept, die Vernetzung und Beteiligung relevanter Akteure, die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsregeln auf intensiv genutzten Flächen, adaptives Management und der Aufbau von Kapazitäten sind wesentliche Elemente dieses Ansatzes.

Biosafety oder biologische Sicherheit

Biosphäre ist die Gesamtheit der lebenden und abgestorbenen Organismen auf der Erde.

Biotop Die Gesamtheit der lebenswirksamen Umweltfaktoren des Standortes einer Lebensgemeinschaft (*Biozönose).

Biozönose Gemeinschaft der einem Biotop angehörenden Lebewesen.

Boden ist der Teil der oberen Erdkruste, der nach unten durch festes oder lockeres Gestein, nach oben durch eine Pflanzendecke oder den Luftraum begrenzt ist, während er zur Seite in benachbarte Böden übergeht. Er ist ein dynamisches System im Fließgleichgewicht. Auf Veränderungen der Randbedingungen antwortet dieses System in unter-schiedlichen Zeitskalen von wenigen Jahren (z.B. pH-Wert) bis Jahrtausenden (Textur und Struktur).

Bodendegradation Anthropogene Bodendegradationen sind dauerhafte oder irreversible Veränderungen der Strukturen und Funktionen von Böden oder deren Verlust, die durch physikalische und chemische oder biotische Belastungen durch den Menschen entstehen und die Belastbarkeit der jeweiligen Systeme überschreiten.

Bodenfruchtbarkeit Die Bodenfruchtbarkeit wird bestimmt durch die Höhe des natürlichen Nährstoffvorrats und die pflanzenverfügbare Wassermenge von Böden. Als besonders fruchtbar gelten weitgehend natürliche belassene Böden, z.B. Flussmarschen oder Moorgebiete.

Bodenfunktionen Man unterscheidet vier wichtige Funktionen von Böden: *Lebensraumfunktion, *Regelungsfunktion, *Nutzungsfunktion (besteht aus Produktionsfunktion, Trägerfunktion und Informationsfunktion) und *Kulturfunktion von Böden.

Bodenstruktur Anordnung der festen Bodenbestandteile. Die Bodenstruktur bestimmt neben anderen Faktoren (Bodentextur, Bodentiefe) wesentlich die *Bodenfruchtbarkeit. Sie ist abhängig von Korngrößenverteilung, organischer Substanz, Wassergehalt und äußeren Einflüssen.

Bodentyp Kleinste räumliche Einheit, die innerhalb vorgegebener Grenzen eine einheitliche Gestalt (Struktur) aufweist, was sich in einer vertikalen Anordnung der Bodeneigenschaft ausdrückt (Bodenhorizonte).

Boreale Wälder Wälder, die dem nördlichen Klima Europas, Asiens und Amerikas zugehörig sind.

C $_3$-, C$_4$-Pflanzen ist der pflanzenartabhängige Unterschied in der Fixierung des CO_2-Moleküls in der Photosynthese. Bei C 3-Pflanzen (wie Weizen, Soja, Baumwolle) wird CO_2 an ein Molekül mit 5 Kohlenstoffatomen gebunden, bei dessen Spaltung sich 2 Moleküle mit 3 Kohlenstoffatomen bilden. Bei C_4-Pflanzen (wie Mais, Sorghum, Hirse) erfolgt die CO_2-Fixierung durch ein Molekül mit 4

Kohlenstoffatomen. Dadurch werden C_3-Pflanzen im Falle einer Erwärmung und eines CO_2-Anstiegs begünstigt.

Cash crops Anbaukulturen, die finanziellen Erlös durch Export erzielen und somit Devisen in ein Land bringen, z.B. Erdnüsse und Baumwolle, aber auch Futtermittel.

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) ist das Maß für die Belastung eines Gewässers mit schwer abbaubarer organischer Substanz, beispielsweise Organochlorverbindungen, Tensiden oder auch natürlich vorkommenden Substanzen wie etwa Huminstoffe: es bezeichnet die Menge Sauerstoff, die nötig ist, um mit kräftigen chemischen Oxidationsverfahren schwer abbaubare organische Stoffe zu oxidieren.

CO_2-Düngeeffekt Verstärkung des Pflanzenwachstums durch eine höhere CO_2-Konzentration in der Atmosphäre und damit bessere C-Versorgung der Pflanzen. Durch das so verstärkte Pflanzenwachstum wird zusätzlich CO_2 aus der Atmosphäre entnommen.

Degradation bezeichnet die Veränderung von Ökosystemen, die zum Verlust beziehungsweise zur Beeinträchtigung ihrer Funktionen führt.

Desertifikation Ein nicht eindeutig definierter Begriff, unter dem im allgemeinen Land-Degradation in ariden und semiariden Gebieten (*Ariditätsindex) verstanden wird.

Disposition bezeichnet in der *Syndromanalyse die strukturelle Anfälligkeit einer Region für ein bestimmtes *Syndrom. Der „Dispositionsraum“ bezeichnet die geographische Verteilung der Disposition: er wird durch natürliche und anthropogene Rahmenbedingungen bestimmt, die sich nur langfristig ändern.

Diversitätszentren oder Hot Spots sind Regionen der Erde, die reich an endemischen Arten und zugleich als natürliche Lebensräume bedroht sind (z. B. Madagaskar).

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos ist neben dem Schadensausmaß eine der beiden zentralen Kategorien des Risikos. Sie bezeichnet die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses, das einen Schaden auslöst.

El Niño El Niño Southern Oszillation (ENSO). Unregelmäßig im Abstand einiger Jahre auftretendes Phänomen, bei dem das Oberflächenwasser der Meere vor der Küste Perus und entlang des äquatorialen Pazifiks wesentlich wärmer ist als im Jahresdurchschnitt. Dieses Phänomen hat klimatische Auswirkungen weit über Peru und Südamerika hinaus. Gegenläufiges Phänomen zu *La Niña.

Endemische Arten sind Organismen mit einem geographisch eng beschränkten Vorkommen.

Entwicklungsländer Länder, deren wirtschaftlicher Wohlstand im Vergleich zu dem der Industrieländer, gemessen u.a. am Pro-Kopf-Einkommen, wesentlich geringer ist. Gemessen an der Situation der Industrieländer in allen sozioökonomischen Bereichen werden sie als „unterentwickelt” eingestuft. Derzeit ca. 130 Länder, vor allem auf der Südhalbkugel. Die ärmsten Länder werden von der UNO zur sog. „Vierten Welt” gerechnet (auch „*Least Developed Countries*” = am wenigsten entwickelte Länder: 1986: 36 Staaten mit 300 Mio. Menschen, d.h. 9% der Gesamtbevölkerung der Dritten Welt). Charakteristisch für die Entwicklungsländer sind u.a. eine geringe Industrialisierungsrate, hohes Bevölkerungswachstum, Armut und Arbeitslosigkeit, große Mängel des Gesundheitswesens, hoher Anteil an Analphabeten, hohe Verschuldung.

Environmental Monitoring Unter *environmental monitoring* versteht man die Beobachtung, Erfassung und Aufbereitung von Umweltzuständen und -veränderungen. Durch umfassende Beobachtungsnetze für Klima, Ozeane, Süßwasser, Landnutzung etc. wird sichergestellt, daß globale

Entwicklungen bzw. Veränderungen registriert und Politik und Wissenschaft zugänglich gemacht werden können. Koordiniert und realisiert werden Umweltbeobachtungs-Programme derzeit vor allem von internationalen Organisationen wie z.B. der WMO oder UNEP.

Erosion Abtrag der obersten lockeren Gesteinsverwitterungsschicht (*Boden), der von Wasser- und Windkräften bewirkt und vom Menschen durch unbedachte Landnutzung gefördert wird.

Erwartungswert eines Risikos ist das erwartete Schadensausmaß. Er wird durch die Integration über alle möglichen Schäden, gewichtet mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten, ermittelt.

Eutrophierung bezeichnet die Erhöhung der Primärproduktion durch erhöhte Nährstoffzufuhr (vor allem Phosphat und Nitrat), wodurch es zu Änderungen der Prozessabläufe und der Besiedlungsstruktur und zur Zunahme biologischer Abbauprozesse kommt.

Evaporation bezeichnet die Verdunstung von Wasser aus freien Oberflächen und Böden.

Evapotranspiration bezeichnet die Gesamtverdunstung von Wasser, die sich aus der Verdunstung der freien Oberflächen und Böden (*Evaporation) sowie der Pflanzen (*Transpiration) zusammensetzt.

Exposition bezeichnet in der *Syndromanalyse natürliche und anthropogene Ereignisse und Prozesse, die meist kurzfristig - auftreten, wie etwa plötzliche Naturkatastrophen, politische Änderungen oder Wechselkursschwankungen, und in einer krisenanfälligen Region – wo eine *Disposition vorliegt – ein *Syndrom auslösen können.

Externe Kosten: Kosten, die der Gesellschaft entstehen, ohne dass sie in der Wirtschaftsrechnung der privaten und öffentlichen Haushalte als Kosten auftauchen

Flexibilität bezeichnet den Grad der Nachgiebigkeit oder Elastizität eines Systems.

Feuchtgebiete sind Feuchtwiesen, Moor- und Sumpfgebiete oder Gewässer, die natürlich oder künstlich, dauernd oder zeitweilig, stehend oder fließend, Süß-, Brack- oder Salzwasser sind, einschließlich solcher Meeresgebiete, die eine Tiefe von sechs Metern bei Niedrigwasser nicht übersteigen.

Gefahr bezeichnet eine objektive Bedrohung durch ein zukünftiges Schadensereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintritt. Ein Risiko ist dagegen ein mentales Konstrukt, das dazu dient, Gefahren zu bestimmen. Risikoabschätzungen sind immer nur Annäherungen an die objektive Gefahr, die man nur nach dem Eintritt des Schadens sicher kennen kann.

Gemeinlastprinzip Nach diesem Prinzip wird die öffentliche Hand anstelle der Verursacher mit öffentlichen Mitteln tätig, um die Umweltbeeinträchtigungen direkt oder indirekt zu vermindern (* Verursacherprinzip)

Genetische Vielfalt bezeichnet die Menge an genetischer Information innerhalb einer Art und ist ein Teil der *biologischen Vielfalt. Eine hohe genetische Vielfalt sichert das Potenzial einer Art, sich an Langzeitveränderungen der Umwelt erfolgreich anzupassen.

Gewässergüteklassen bezeichnen den Gütezustand von Oberflächengewässern: sie werden in Deutschland nach einem System von charakteristischen Organismen, dem Sauerstoffgehalt und hygienisch-bakteriologischen Werten beschrieben. Es werden vier Gewässergüteklassen von “eins” bis “vier” unterschieden: nicht oder wenig verunreinigt (oligosaprob), mäßig verunreinigt (beta-mesosaprob), stark verunreinigt (alpha-mesosaprob) und übermäßig verunreinigt (polysaprob).

Gewässerverschmutzung bezeichnet die Zufuhr von Schadstoffen, pathogenen Keimen und Wärme mit Beeinträchtigung der Ökosysteme und der Nutzbarkeit des Süßwassers. Die Wirkung pathogener Keime auf die Struktur der Ökosysteme ist im Gegensatz zur Wirkung von Schadstoffen von geringer

Bedeutung. Die Folgen einer Gewässeraufheizung führen ähnlich wie die Eutrophierung und organische Belastung zu einer Steigerung der Stoffumsatzraten. Aus diesem Grunde erscheint der Begriff „thermal pollution“ gerechtfertigt.

Globales Beziehungsgeflecht bezeichnet in der Syndromanalyse ein qualitatives Netzwerk aus allen vom *Syndromkonzept erfassten *Trends oder *Symptomen des Globalen Wandels und ihre Wechselwirkungen. Das Globale Beziehungsgeflecht bietet eine hochaggregierte, auf einzelne Phänomene bezogene, deskriptive Systembeschreibung des Globalen Wandels.

Grenzbereich bezeichnet im Risikodiskurs eine Kategorie, in der sich ein System im kritischen Bereich (also nicht im Normalbereich) befindet, in dem die Umsetzung von risikoreduzierenden Maßnahmen eine Überführung in den Normalbereich verspricht.

Grundwasser ist das unterirdische Wasser, das zusammenhängend die Hohlräume der Erdrinde ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich oder nahezu ausschließlich von der Schwerkraft und den Reibungskräften bestimmt wird.

Gunstböden Böden, die günstige Bedingungen für landwirtschaftliche Produktion bieten.

Heterotroph sind Lebewesen, die sich von Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen oder organischer Substanz ernähren, wozu alle höheren Tiere zählen.

Human Development Index (HDI) Der HDI soll den Prozess der menschlichen Entwicklung quantifizieren und klären helfen. Hierzu werden im UNDP-Report Indikatoren zur Kaufkraft, Erziehung/Bildung und Gesundheit zum HDI kombiniert.

Humid ist ein Klima, in dem die Summe der jährlichen Niederschläge größer ist als die jährliche potentielle Verdunstung. Nicht verdunstete Niederschläge fließen an der Oberfläche ab oder treten durch Versickerung in das *Grundwasser ein.

Humus Die abgestorbene pflanzliche und tierische Substanz sowie ihre Umwandlungsprodukte auf und im Boden mit Ausnahme frischer, noch unzersetzter Fein- und Grobstreu der Blätter, Zweige, Stämme und Wurzeln. Humusbildung läuft über komplexe Prozesse wie u.a. Mineralisierung, Huminsäurebildung.

Hybridisierung Als Hybridisierung ist jede Kreuzung von Individuen bezüglich zahlreicher aus verschiedenen Populationen stammender Gene zu verstehen, die zu genetisch unterschiedlichen Nachkommen führt.

Hydrosphäre Alle Bestandteile des hydrologischen Kreislaufs: Meere, Oberflächengewässer, Bodenwasser, Grundwasser und Wasser in der Atmosphäre.

insertionale Mutagenese Veränderung oder Zerstörung eines Gens durch die Integration eines Fremdgens

Interdisziplinarität bezeichnet die zumindest phasenweise Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen. Daher ist Interdisziplinarität im Gegensatz zu *Multidisziplinarität mehr als nur die „Addition“ von Einzeldisziplinien, weil bereits im Vorfeld die zu bearbeitenden Probleme gemeinsam diskutiert, identifiziert und am Ende Ergebnisse zusammengeführt werden. Die Einzelaspekte des Forschungsthemas werden allerdings weiterhin mit den jeweiligen disziplinären Methoden bearbeitet.

Internalisierung externer Kosten Einbeziehen der externen Kosten in die Preise. Damit ist gewährleistet, dass das Wirtschaftssubjekt, das externe Effekte (*externe Kosten) verursacht, die Konsequenzen seines Handelns trägt (*Verursacherprinzip).

Internationale Regime sind Regelwerke von impliziten oder expliziten Prinzipien, Normen, Regeln und Entscheidungsprozessen, in denen die Erwartungen von Akteuren in einem Bereich der internationalen Beziehungen zusammenlaufen.

Interzeption ist der Niederschlagsanteil, der von den oberirdischen Pflanzenteilen aufgefangen wird und anschließend verdunstet. Bei einzelnen Niederschlägen kann die Interzeption 60% und mehr des Niederschlags erreichen.

Invasion bezeichnet das Eindringen von Lebewesen in Lebensräume, die von ihnen sonst nicht bewohnt werden.

Irreversibilität bezeichnet eine Beurteilungskriterium für die Bewertung von Risiken. Sie misst den Grad der Nichtwiederherstellbarkeit des Zustandes vor Schadenseintritt. Im Umweltbereich geht es dabei vorrangig um die typenmäßige Wiederherstellbarkeit im Rahmen eines dynamischen Wandels, nicht um die individuelle Restaurierung des Urzustandes.

Joint implementation Instrument der Klimarahmenkonvention, mit dem ein Signatarstaat sein Emissionsziel nicht nur durch Emissionsreduktion im eigenen Land, sondern auch durch Finanzierung von Vermeidungs-aktivitäten in anderen Ländern erfüllen kann.

Kernprobleme des Globalen Wandels sind im *Syndromansatz die zentralen Phänomene des Globalen Wandels. Im Syndromansatz erscheinen sie als entweder besonders herausragende *Trends oder *Symptome des Globalen Wandels, wie etwa der Klimawandel, oder sie bestehen aus mehreren zusammenhängenden Trends. Ein solcher ”Megatrend” ist beispielsweise das Kernproblem ”Bodendegradation”, das sich aus mehreren Trends wie Erosion, Versalzung, Kontamination und anderen zusammensetzt.

Kompensationsfähigkeit bezeichnet die Möglichkeit, Geschädigte so zu entschädigen, daß sie in etwa einen Nutzenausgleich zwischen Kompensation und Schaden erleben, sofern und soweit der ursprüngliche Zustand nicht wiederhergestellt werden kann oder aus anderen Gründen nicht wiederhergestellt werden sollte.

Kontamination Belastung oder Verseuchung von Böden mit schädlichen Stoffen wie z.B. Schwermetallen, Kohlenwasserstoffen, radioaktiven Substanzen, Keimen etc. Diese Kontaminationen können in Böden durch die Mikroflora nicht oder nur sehr langsam abgebaut werden, so dass es zu Ablagerungen, Anreicherungen oder Auswaschungen kommen kann.

Kritikalitätsindex ist ein zusammengesetzter Indikator, der die Anfälligkeit einer Region oder der dort lebenden Bevölkerung gegenüber Krisen, insbesondere Umwelt- oder Entwicklungskrisen, bezeichnet.

Kritischer Bereich bezeichnet eine Kategorie von Risiken, für die die Unsicherheit bei allen Risikoparametern hoch ist, das Schadenspotential bedrohliche Ausmaße annehmen kann und die Eintrittswahrscheinlichkeit hoch ist. Persistenz, Ubiquität und Irreversibilität sind in besonderem Maße gegeben.

Landschaftsnutzungstypen sind idealisierte Nutzungstypen von Landschaften. Es können prinzipiell 3 verschiedenen Typen unterschieden werden:

Landschaftsnutzungstyp „N” (Typ ”Naturschutz”) (”Schutz vor Nutzung”). Hier handelt es sich um eine aus ökologischer Sicht bedeutsame Landschaft, die sich beispielsweise dadurch auszeichnet, dass es Landschaften mit ähnlichem biologischen Inventar nur extrem selten auf der Welt gibt („Weltnaturerbe”). Den Schutzinteressen kommt in diesem Fall eine hohe Bedeutung zu.

Landschaftstyp „M” (Typ ”Mittleres Schutzerfordernis”) (”Schutz durch Nutzung”). Kennzeichnend für diesen Landschaftsnutzungstyp ist die mittlere Position zwischen den beiden zuerst beschriebenen Typen„N” und „W”. Sowohl das Schutzerfordernis als auch das wirtschaftliche Nutzungsinteresse liegen in einem mittleren Bereich. Landschaften diesen Typs eignen sich dazu, sowohl Schutz- als auch Nutzungsziele zu verfolgen.

Landschaftsnutzungstyp „W” (Typ ”Wirtschaftliche Nutzung”) (”Schutz trotz Nutzung”). Dieser Landschaftsnutzungstyp zeichnet sich durch eine besonders gute wirtschaftliche Nutzbarkeit aus (z. B. hoher landwirtschaftlicher Ertrag). Bei diesem Typ dominieren die wirtschaftlichen Nutzungsinteressen.

La Niña Unregelmäßig im Abstand einiger Jahre auftretendes Phänomen, bei dem das Oberflächenwasser der Meere vor der Küste Perus und entlang des äquatorialen Pazifiks wesentlich kühler ist als im Jahresdurchschnitt. Dieses Phänomen hat klimatische Auswirkungen weit über Peru und Südamerika hinaus. Gegenläufiges Phänomen zu *El Niño.

Leitlinien dienen als “Managementregel” dazu, übergreifende Vorgaben in konkretes Handeln zu übersetzen.

Leitplanken–Konzept Die Leitplanken grenzen den Entwicklungsraum des Mensch-Umwelt-Systems von den Bereichen ab, die unerwünschte oder gar katastrophale Entwicklungen repräsentieren und die es zu meiden gilt. Nachhaltige Entwicklungspfade verlaufen innerhalb des durch diese Leitplanken definierten Korridors. Syndromare Entwicklungen stellen solche zu vermeidende nicht-nachhaltige Entwicklungspfade dar. Das Leitplanken-Modell stellt ein Hilfsmittel dar, um das Entscheidungsdilemma zwischen sozialen, ökologischen und ökonomischen Zielvorstellungen durch eine klare Prioritätensetzung aufzulösen.

Lithosphäre Äußere Gesteinshülle des Erdkörpers.

LOKALE AGENDA 21 bezeichnet den Beratungsprozess innerhalb der Städte und Gemeinden (einschließlich ihrer Bürger) über die Aufstellung eines lokalen Aktionsplans zur *AGENDA 21 von Rio de Janeiro sowie dessen Umsetzung.

Mobilisierungspotential bezeichnet die Verletzung von individuellen, sozialen oder kulturellen Interessen und Werten, die eine entsprechende Reaktion der Betroffenen hervorruft. Diese Reaktionen umfassen den offenen Protest, den Entzug von Vertrauen in die Entscheidungsträger, geheime Sabotageakte oder andere Formen der Gegenwehr. Auch psychosomatische Folgen lassen sich in diese Kategorie aufnehmen.

Montrealer Protokoll Internationales Übereinkommen (1987) über Stoffe, die zu einem Abbau der *Ozonschicht führen, seit 1.1.1989 in Kraft. In dem Protokoll werden die Produktion und der Verbrauch der wichtigsten vollhalogenierten FCKW und bestimmter Halone geregelt. In der zweiten Vertragsstaatenkonferenz zum Montrealer Protokoll (1990) wurde eine Verschärfung der Protokollregelung beschlossen.

Multidisziplinarität Multidisziplinäre Forschung ist dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene wissenschaftliche Disziplinen weitgehend unabhängig voneinander dasselbe Forschungsthema bearbeiten.

Mutualismus umfasst die Beziehungen zwischen Arten, welche für beide von Vorteil, wenn auch nicht lebens-notwendig sind.

Nachhaltige oder zukunftsfähige Entwicklung (sustainable development) wird meist als ein umwelt- und entwicklungspolitisches Konzept verstanden, das durch den Brundtland-Bericht formuliert

und auf der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro weiterentwickelt wurde. Demokratische Entscheidungs- und Umsetzungsprozesse sollen dabei eine ökologisch, ökonomisch und sozial dauerhafte Entwicklung fördern und die Bedürfnisse zukünftiger Generationen berücksichtigen. Der WBGU bietet mit dem* Leitplankenkonzept und dem *Syndromkonzept Ansätze zur Operationalisierung dieses Begriffs.

Nachhaltigkeit Aus der Forstwirtschaft stammender Begriff, der ein Kriterium für eine am Erhalt des Bestandes orientierte Bewirtschaftung des Waldes beschreibt. Im weiteren Sinn als Kriterium für *Sustainable Development verwendet.

Nettoprimärproduktion (NPP) ist ein Maß für das Pflanzenwachstum (Erhöhung der Biomasse) und wird errechnet aus der Menge an Kohlenstoff, die grüne Pflanzen mit Hilfe der Photosynthese aufnehmen (Bruttofluss von Kohlenstoff), minus den CO_2-Verlusten der Pflanzen durch Respiration. Es kommt damit zu einem Nettozuwachs von Biomasse in einer Vegetationseinheit. NPP ist u.a. ein Indikator für die Reaktion der Vegetation auf Klimaänderungen und Erhöhung der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentration.

Nicht-Regierungsorganisationen (NRO) Sammelbegriff für nicht-staatliche Organisationen, der zumeist in bezug auf Gruppierungen der neuen sozialen Bewegungen (Ökologiebewegung, Friedensbewegung u.a.) verwendet wird.

NIMBY-Phänomen Das Sankt-Florians-Prinzip („Heiliger Sankt Florian, verschon’ unser Haus, zünd’ andere an!“) - in der sozialwissenschaftlichen Literatur bekannt als NIMBY-Phänomen (*not in my backyard*) - bezeichnet die häufig mangelnde Standort-Akzeptanz vor allem von technischen Anlagen mit wahrgenommenem Risikopotential (z.B. Kernkraftwerke, Chemieanlagen, Mülldeponien) durch die jeweilige lokale Bevölkerung, wobei die Notwendigkeit einer entsprechenden Anlage zum Teil durchaus bejaht wird.

Normalbereich bezeichnet in der Risikoterminologie die Kategorie von Risiken, die sich durch geringe Ungewissheit in Bezug auf Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß sowie insgesamt eher geringes Schadens-potential und eher geringe bis mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit auszeichnet. Außerdem sind Persistenz und Ubiquität der Risikoverursacher oder -folgen gering und die Reversibilität der Risikofolgen eher hoch. Risiken im Normalbereich weisen keine deutlichen Verzerrungen zwischen der Gruppe der Risikoträger und der Gruppe der Chancen- bzw. Nutzengewinner. In diesem Fall entspricht das objektive Risiko nahezu der wissenschaftlichen Risikoabschätzung, so dass eine multiplikative Gewichtung von Ausmaß und Wahr-scheinlichkeit unter Einbeziehung der jeweiligen Varianzen zur Beschreibung des Risikos angemessen ist.

Objektives Risiko ist eine ideale Größe, die man als relative Häufigkeit erkennbarer Verteilungs-muster von Schadensereignissen in Rückschau auf die gesamte Zeitspanne, in dem das Ereignis überhaupt eintreten kann, definieren kann. Das abgeschätzte Risiko und das objektive Risiko liegen um so enger beieinander, je genauer das System verstanden ist, je mehr die relativen Häufigkeiten bekannt sind und je geringer der Systemwandel ist.

Ökosystem Ein Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren anorganische Umwelt, das zwar offen, aber bis zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation befähigt ist.

Ökotourismus ist eine Form des Naturtourismus, die negative Umweltauswirkungen und sozio-kulturelle Veränderungen zu minimieren sucht, zur Finanzierung von Schutzgebieten und Schutzmaßnahmen beiträgt sowie Einkommensmöglichkeiten für die lokale Bevölkerung schafft.

Parasitismus bezeichnet die Beziehungen zwischen Arten, die zum Vorteil der einen Art (Parasit) auf Kosten der anderen Art bestehen.

Pedosphäre: Bodenzone: Grenzbereich der Erdoberfläche, in dem sich Gestein, Wasser, Luft und Lebewesen durchdringen und in der die bodenbildenden Prozesse stattfinden.

Persistenz bezeichnet ein Beurteilungskriterium für die Bewertung von Risiken. Persistenz beschreibt die zeitliche Andauer des Schadens oder des Schadenspotentials. Die Persistenz des Schadens ist ein wichtiges Kriterium bei der Bestimmung der intergenerationellen Gerechtigkeit.

Pestizide Chemikalien zur Abtötung unerwünschter Organismen, z. B. Herbizide oder Arborizide zur Abtötung von Pflanzen bei der Kultur- und Bestandspflege, Insektizide zur Vernichtung von Insekten oder Fungizide gegen Pilze im Forst- und Holzschutz. Im Verlauf von Nahrungsketten können sich Pestizide oder ihre Umwandlungsprodukte anreichern.

Predation umfasst die Beziehungen zwischen Arten, bei der eine Art (Predator) die andere als Beute zum Überleben benötigt.

Preiselastizität Das Verhältnis einer relativen Nachfragemengenänderung bezogen auf die sie auslösende relative Preisänderung.

Primärwald Urwald; im strengsten Sinne ein *autochtoner Waldbestand, dessen Entwicklung nicht oder nur so wenig vom Menschen beeinflusst wurde, dass seine Physiognomie von der natürlichen Umwelt geformt und bestimmt wird (*Sekundärwald).

Resilienz bezeichnet die Eigenschaft eines Systems, nach Auslenkung oder Störung zu einem stabilen Gleichgewichtszustand oder zu einem lokalen Gleichgewicht zurückzukehren (auch: Elastizität).

Resistenz bezeichnet die Fähigkeit eines Systems äußeren Anregungen zu widerstehen.

Ressourcen Im weiteren Sinne alle Bestände der Produktionsfaktoren Arbeit, *Boden und Kapital, die bei der Produktion von Gütern eingesetzt werden können. Im engeren Sinn werden unter Ressourcen das natürliche Kapital, Rohstoffe, Energieträger und Umweltmedien verstanden, wobei zwischen (bedingt) regenerierbaren und nicht regenerierbaren Ressourcen unterschieden werden kann.

Risiko umfasst in einer technischen Risikoperspektive vor allem die Variablen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und dem Schadensausmaß. In einer sozialwissenschaftlichen Perspektive stehen die Aspekte der sozialen und psychischen Risikoerfahrung und Risikowahrnehmung im Vordergrund, während sozio-ökonomische Ansätze sich mit Risiken der Überlebenssicherung und der Grundbedürfnisdeckung beschäftigen. Im Gegensatz zur Gefahr ist Risiko ein mentales Konstrukt, um Gefahren näher zu bestimmen und nach dem Grad der Bedrohung zu ordnen, also zur Erfassung komplexer Wirkungsketten mit Zufallsereignissen, die keine direkte Entsprechung in der Wirklichkeit haben.

Risikoakzeptanz ist ein normativer Begriff und gibt an, welche unerwünschten Folgen für eine Gesellschaft noch tragbar sind und welche nicht, wieviel Ungewissheit hinnehmbar ist, wenn die Folgen katastrophal sein können, und ob positive und negative Folgen gerecht verteilt sind.

Risikoanalyse ist der Versuch, mit wissenschaftlichen Methoden möglichst realitätsgetreu die Eintrittswahrscheinlichkeiten von konkreten Schadensfällen oder die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Schadensausmaßen auf der Basis von Beobachtung, Modellierung und Szenariobildung zu bestimmen. Mit Hilfe von Risikoanalysen wird versucht, den Erwartungswert des Risikos zu bestimmen.

Risikoanfälligkeit bezeichnet eine besondere Eigenschaft von Regionen oder von einzelnen Gruppen in der Gesellschaft, die mit Blick auf Schadensausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit stärker oder schwächer gegenüber einem bestimmten Gesamtrisiko anfällig sind.

Risikobewertung bezeichnet Verfahren der rationalen Urteilsfindung über ein Risiko mit Blick auf dessen Zumutbarkeit für die Gesellschaft als ganzes oder für bestimmte Gruppen oder Individuen. Bestandteil der Risikobewertung ist die wissenschaftliche Risikoanalyse und die durch empirische Studien erfasste Risikowahrnehmung.

Risikomanagement bezeichnet die Summe der von Menschen oder Organisationen eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung, Steuerung und Regulierung von Risiken. Darunter fallen politisch gesetzte Grenzwerte, ökonomische Anreize, Haftungsregelungen, Planungstechniken und bildungsfördernde Maßnahmen.

Risikowahrnehmung bezeichnet eine Risikoabschätzung, die weitgehend auf persönlichen Erfahrungen, vermittelten Informationen und intuitiven Einschätzungen beruht, die sich im Verlauf der biologischen und später der kulturellen Evolution herausgebildet haben. Sie umfaßt neben den beiden Kategorien Schadensausmaß und Wahrscheinlichkeit andere Risikoeigenschaften, wie etwa die Reversibilität oder die Verteilung.

Robustheit bezeichnet die Fähigkeit eines System unbeeinflusst von Störungen zu funktioneieren.

Saurer Regen Übersauerung des Regens und Nebels vor allem durch Schwefelsäure und Salpetersäure. Diese Säuren werden in der Atmosphäre aus den Schadstoffen Schwefeldioxid (SO_2) bzw. Stickoxid (NO_X) gebildet. Saurer Regen und saurer Nebel haben gegenüber dem natürlichen Regenwasser einen um das zehn bis hundertfache erhöhten Säuregrad. Saurer Regen kann zur *Versauerung des Bodens führen.

Schaden bezeichnet die Zerstörung, Minderung und Beeinträchtigung von konkreten oder abstrakten Werten. Dazu gehören Einbußen an geldwerten Gütern (Vermögensschaden), Lebenschancen (zum Beispiel bei einer Flucht vor Naturkatastrophen) und Lebensqualität (zum Beispiel durch Naturzerstörung). In diese Kategorie fallen auch Formen der ideellen Schädigung, wie beispielsweise der Verlust des Vertrauens in die Integrität politischer Entscheidungsträger. Um einen Schaden als solchen erkennen zu können, braucht es immer das bewertende Subjekt. Der Schadensbegriff ist deshalb anthropozentrisch angelegt. Man unterscheidet zwischen Effektiv- oder Realschäden, Eventualschäden und Ausgleichsschäden.

Schadenspotential ist die Summe der möglichen Schäden, die durch eine Aktivität oder ein Ereignis ausgelöst werden können.

Schutzgut Schutzgüter sind Güter der Umwelt, die vor erheblichen Nachteilen, Schäden oder Gefahren zu bewahren sind. Für die Probleme der globalen Umweltveränderungen können die Schutzgüter folgenden Bereichen zugeordnet werden: *Atmosphäre, *Hydrosphäre, *Böden/Landschaft, *Biosphäre (Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen und ihre *Biologische Vielfalt), Mensch/Gesellschaft.

Schwellenländer: *Entwicklungsländer mit einem verhältnismäßig fortgeschrittenen Entwicklungsstand werden als Schwellenländer bezeichnet.

Sekundärwald Natürlicher Folgebestand von Bäumen nach Beseitigung des primären oder sekundären Ursprungsbestandes (*Primärwald) durch den Menschen oder Nachwuchs, der sich nach natürlichen Katastrophen (Feuer, Insekten) einstellt.

Semi-arid Bezeichnung für Klimate, in denen die jährliche Niederschlagssumme im allgemeinen geringer ist als die Jahressumme der Verdunstung, wobei jedoch während drei bis fünf Monaten die Niederschlagsmengen größer sind als die Verdunstungssummen.

Senke Unter Senke wird ein *Umweltkompartiment verstanden, in dem Stoffe angereichert werden und aus diesen ggf. durch Abbauvorgänge eliminiert werden können.

Sensitivität ist der Grad, mit dem ein System auf eine Veränderung von (klimatischen) Bedingungen reagiert. Bei der Frage der Reaktion der Biosphäre auf Klimaänderungen handelt es sich insbesondere um das Ausmaß des Wandels in der Ökosystemzusammensetzung, -funktion und -struktur, inkl. * Nettoprimärproduktion, das bei einem gegebenen Wandel in Temperatur und Niederschlag eintreten würde.

Social Monitoring Unter social monitoring versteht man die Dauerbeobachtung von für den Globalen Wandel relevanten gesellschaftlichen Entwicklungen. Es umfasst kontinuierlich bzw. periodisch sowohl ökonomische Beobachtungs- und Beschreibungsaktivitäten (z.B. die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung) als auch sozial- und verhaltenswissenschaftliche Programme zur wiederholten Erhebung von Einstellungen, Meinungen, Wissensstand, Bewertungen usw. der Bevölkerung, auf der Grundlage sowohl objektiver als auch subjektiver (von den Betroffenen erfragter) Daten.

Spurengase Gase, die nur in Spuren in der *Atmosphäre vorkommen, z. B. CO_2, N_2O, CH_4, FCKW. Bedeutsam wegen ihrer Wirkung als Treibhausgase oder wegen ihres Ozonzerstörungspotentials.

Stabilität beschreibt den Grad zu dem sich ein System nicht stören, beeinflussen oder modifizieren lässt.

Strukturanpassung bezeichnet ein ordnungspolitisches Programm zur wirtschaftlichen Stabilisierung und markt-wirtschaftlichen Deregulierung sowie zur Liberalisierung des Außenhandels. Ziel ist die Wiederherstellung oder Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und Kreditwürdigkeit auf der Grundlage eines ausgeglichenen Haushalts (zur Inflationsbekämpfung), der Erhöhung der internen Spar- und Investitionsrate und eines verbesserten Investitionsklimas für ausländische Investoren. IWF und Weltbank sind die beiden Institutionen zur Umsetzung dieses Programms.

Subsidiaritätsprinzip Gesellschafts- und sozialpolitisches Prinzip, nach dem übergeordnete Einheiten (z. B. Länder) nur die Aufgaben erfüllen sollen, die auf untergeordneter Ebene (z. B. Gemeinden) nicht übernommen werden können.

Subsistenzwirtschaft bezeichnet die landwirtschaftliche Produktion, die der Eigenversorgung dient, nicht oder nur geringfügig den (überlokalen) Markt beliefert und deshalb außerhalb des monetären Sektors bleibt. Die Subsistenzwirtschaft wird inzwischen auch dem sog. „informellen Sektor“ zugerechnet.

Sukzession ist die Abfolge verschiedener Entwicklungsstadien, Aufeinanderfolge von Pflanzengesellschaften in bestimmten Ökosystemen im Verlauf einer Zeitspanne.

Sustainable development: Ein nicht klar definierter Begriff, für den es verschiedene Definitionen, Übersetzungen und Interpretationen gibt. Er steht für ein umwelt- und entwicklungspolitisches Konzept, das u.a. durch den Brundtland-Bericht formuliert und auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro weiterentwickelt wurde. Im Brundtland-Bericht heißt es: „*Sustainable development* ist eine Entwicklung, die den gegenwärtigen Bedarf zu decken vermag, ohne gleichzeitig späteren Generationen die Möglichkeit zur Deckung des ihren zu verbauen.“

Symptome des Globalen Wandels (auch globale *Trends) sind Phänomene in Gesellschaft und Natur, die für den Globalen Wandel bedeutsam sind und ihn charakterisieren. Es handelt sich dabei um veränderliche oder prozesshafte Größen, die qualitativ bestimmbar sind, wie etwa die Symptome „Bevölkerungswachstum”, „verstärkter Treibhauseffekt”, „wachsendes Umweltbewusstsein” oder „medizinischer Fortschritt”.

Syndrome des Globalen Wandels bezeichnen funktionale Muster von krisenhaften Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt. Es sind charakteristische, global relevante Konstellationen von natürlichen und anthropogenen *Trends des Globalen Wandels sowie der Wechselwirkungen zwischen ihnen. Jedes Syndrom ist, in Analogie zur Medizin, ein „globales Krankheitsbild”: es stellt einen anthropogenen Ursache-Wirkungs-Komplex mit spezifischen Umweltbelastungen dar und bildet somit ein eigenständiges Muster der Umweltdegradation. Syndrome greifen über einzelne Sektoren wie Wirtschaft, Biosphäre oder Bevölkerung hinaus, aber auch über einzelne Umweltmedien wie Boden, Wasser, Luft (transsektoral). Immer haben Syndrome jedoch einen direkten oder indirekten Bezug zu Naturressourcen. Ein Syndrom lässt sich in der Regel in mehreren Regionen der Welt unterschiedlich stark ausgeprägt identifizieren. Auch können in einer Region mehrere Syndrome gleichzeitig auftreten.

Terms of trade Dieser Begriff bezeichnet das Verhältnis des Index der Ausfuhrpreise zum Index der Einfuhrpreise jeweils in der Währung des betreffenden Landes ausgedrückt. Steigen die Ausfuhrpreise bei bei konstanten oder sinkenden Einfuhrpreisen oder sinken die Einfuhrpreise bei konstanten Ausfuhrpreisen, verbessern sich die terms of trade, weil für die gleiche Exportgütermenge mehr Importgüter eingeführt werden können. Sinkende terms of trade sind vor allem für viele Entwicklungsländer zu beobachten, da deren Exportgüter, überwiegend Rohstoffe, auf dem Weltmarkt vergleichsweise immer geringere Preise erzielen, die Preise für deren Importgüter (Maschinen, andere Fertigprodukte) jedoch steigen.

Tertiärisierung Insbesondere in den Industrieländern der westlichen Welt steigt der Anteil des Dienstleistungssektors (tertiärer Sektor) am Bruttoinlandsprodukt im Vergleich zu primärem (Landwirtschaft) und sekundärem (Industrie) Sektor („Wandel hin zur Dienstleistungsgesellschaft”).

Tragfähigkeit Die Tragfähigkeit eines Raumes verknüpft dessen Einwohnerzahl mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen unter Einbeziehung des Entwicklungsstandes der jeweiligen Gesellschaft. Eine zentrale Position bei diesem Beziehungsgeflecht nimmt die Nahrungsmittelproduktion ein, die sich im Falle eines Bevölkerungswachstums erhöht, um eine konstante Versorgung zu sichern. Aus den Grenzkosten für die zusätzliche Erzeugung eines jeden Gutes lässt sich folgern, dass in allen Räumen eine obere Grenze für die Nahrungsmittelproduktion, also eine Tragfähigkeit, existiert**.**

Transaktionskosten Kosten, die bei wirtschaftlichen Aktionen anfallen (z. B. bei Tauschvorgängen am Markt), darunter fallen u.a. Informationsbeschaffungs-, Verhandlungskosten, Kosten der Risikoabsicherung.

Transdisziplinarität Transdisziplinäre Wissenschaft löst sich aus ihren disziplinären Grenzen und definiert und bearbeitet ihre Erkenntnisgegenstände disziplinenunabhängig. Hierbei werden auch Modelle und Methoden der jeweiligen Disziplinen auf ihre Eignung für das jeweilige Forschungsthema und für die Problemlösung hinterfragt. Ein Beispiel für transdisziplinäre Forschung ist das Projekt QUESTIONS am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), dessen Erkenntnisgegenstand die *Syndrome des Globalen Wandels sind.

Transpiration bezeichnet die physikalisch und physiologisch gesteuerte Wasserdampfabgabe von Pflanzen.

Treibhauseffekt Der Treibhauseffekt wird von Gasen in der Atmosphäre hervorgerufen, die die kurzwellige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert durch die Atmosphäre zur Erdoberfläche passieren lassen, die langweilige Wärmestrahlung der Erdoberfläche und der Atmosphäre hingegen stark absorbieren. Aufgrund der wärmeisolierenden Wirkung dieser Spurengase ist die Temperatur in Bodennähe um etwa 30°C höher als die Strahlungstemperatur des Systems Erde/Atmosphäre ohne

diese Gase (*natürlicher Treibhauseffekt*). Wegen des Anstiegs menschlich bedingter Spurengase wird mit einer Verstärkung des Treibhauseffektes (*zusätzlicher Treibhauseffekt*) und einer Temperaturerhöhung gerechnet.

Trends des Globalen Wandels sind in der *Syndromanalyse analytisch im voraus identifizierte anthroposphärische wie ökosphärische Phänomene in Gesellschaft und Natur, die für den Globalen Wandel relevant sind und ihn charakterisieren. Es handelt sich dabei um veränderliche oder prozesshafte Größen, die zumindestens qualitativ bestimmbar sind, wie etwa die Trends „Bevölkerungswachstum”, „verstärkter Treibhauseffekt”, „wachsendes Umweltbewusstsein” oder „medizinischer Fortschritt”.

Überdüngung Überdüngung tritt ein, wenn auf Böden direkt oder indirekt mineralische oder organische Stoffe über den (physiologischen) Bedarf des entsprechenden Ökosystems hinausgehen. Entweder kann es zu einer Anreicherung im System kommen, oder die im Überfluß vorhandenen Stoffe werden an Nachbarsysteme gasförmig oder mit dem Sickerwasser abgegeben und können dort zu Belastungen führen. Eine Überdüngung ist nicht nur unökonomisch, sondern kann auch negative Auswirkungen auf die Vegetation, den Boden und vor allem auf das Wasser haben.

Ubiquität bezeichnet ein Beurteilungskriterium für die Bewertung von Risiken. Ubiquität meint die räumliche Verbreitung des Schadens oder des Schadenspotentials. Sie ist damit ein wichtiges Kriterium bei der Bestimmung der intragenerationellen Gerechtigkeit.

Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung) Elektromagnetische Strahlung mit höheren Frequenzen bzw. kürzeren Wellenlängen (unter 400 nm) als sichtbares Licht. Die UV-Strahlung unterteilt sich in drei Bereiche: UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) und UV-C (40-290 nm). Überhöhte UV-Strahlung führt zu Schädigung von Lebewesen.

Umweltkompartiment Abgrenzbare Ausschnitte aus der Umwelt, wie z.B. *Boden, Wasser, Luft.

Umweltmedien Umweltmedien oder *Umweltkompartimente bezeichnen Wasser, Boden, Luft und Biomasse als homogene Räume in ihrem Vermögen, Stoffe aufzunehmen, zu verteilen, gegebenenfalls um- oder abzubauen oder anzureichern und sie in ein anderes Medium abzugeben.

Unbestimmtheit kennzeichnet in der Risikoterminologie denjenigen Zustand der Ungewissheit, bei der das Schadensausmaß zwar weitgehend bekannt ist, man aber keine verlässlichen Aussagen über die Eintrittswahrscheinlichkeit machen kann.

Ungewissheit kennzeichnet in der Risikoterminologie die grundsätzliche Unfähigkeit einer Risikoabschätzung zur deterministischen Prognose von Schadensereignissen. Der Beirat unterscheidet dabei zwischen Ahnungslosigkeit, Unbestimmtheit und statistischer Unsicherheit. . Ungewissheit ist der Überbegriff für Ahnungslosigkeit und Unbestimmtheit. Ungewissheit ist eine grundsätzliche Eigenschaft des Risikos, während die Abschätzungssicherheit zwischen extrem hoch und extrem niedrig variieren kann. In der Literatur wird dieser nicht auflösbare Unsicherheitsraum auch häufig mit dem Terminus Unsicherheit belegt.

Verbotsbereich bezeichnet in der Risikoterminologie eine Kategorie des Risikos im kritischen Bereich, wo die Risiken so gravierend sind, dass in der Regel ein Verbot ausgesprochen werden sollte, es sei denn, es liegt ein gesellschaftlicher Konsens vor, diese Risiken wegen der damit verbundenen Chancen eingehen zu wollen.

Verdichtung Verringerung des Gesamtvolumens des Bodens durch Verpressung oder Setzung. Die Lagerungsdichte, das Porenvolumen sowie die Porengrößenverteilung ändern sich. Dadurch sinkt die Versickerungsrate, während der Oberflächenabfluss und damit die Erosionsgefahr steigen.

Versalzung Anreicherung von Salzen in und auf Böden, speziell in semiariden und ariden Klimazonen (*Ariditătsindex), zumeist infolge mangelhafter künstlicher Bewässerungssysteme, bei denen die Grundwasserverhältnisse negativ verändert werden, salzhaltige Wässer an die Oberfläche kommen, aber nicht abgeführt werden, so dass bei der Verdunstung des Wassers die Salze zurückbleiben. Die Böden werden dadurch unfruchtbar.

Versauerung Abnahme des pH-Wertes von Böden aufgrund starker Belastung durch Schadstoffimmissionen aus der Luft. Eintritt, Verlauf und Ausmaß der Belastung sind von Standort-, Bestands- und Bewirtschaftungs-faktoren abhängig.

Verursacherprinzip strebt an, die Kosten zur Vermeidung, zur Beseitigung oder zum Ausgleich von Umwelt-belastungen dem „Verursacher” zuzurechnen. Auf diese Weise soll eine volkswirtschaftlich sinnvolle und schonende Nutzung der Naturgüter erreicht werden. Alle umweltpolitischen Maßnahmen (Instrumente), die sich an diesem Prinzip orientieren, haben die Aufgabe, die Umweltschäden als „externe Kosten“ bzw. „soziale Zusatzkosten“ von Produktion und Konsum in möglichst großem Maße in die Wirtschaftsrechnung der Umweltbeeinträchtiger einzubeziehen, d. h. diese Kosten zu „internalisieren“.

Verzögerungswirkung bezeichnet in der Risikoterminologie ein Beurteilungskriterium für die Bewertung von Risiken. Sie beschreibt die Möglichkeit, dass zwischen dem auslösenden Ereignis und der Schadensfolge eine lange Latenzzeit herrscht. Diese kann physikalischer chemischer oder biologischer Natur sein, oder sich als Folge einer langen Variablenkette ergeben.

Vorfluter sind Gewässer, die ober- und unterirdisch zufließendes Wasser aufnehmen und abführen.

Vorsorgeprinzip Das Vorsorgeprinzip besagt, dass umweltpolitische und sonstige staatliche Maßnahmen so getroffen werden sollen, dass von vornherein möglichst sämtliche Umweltgefahren vermieden und damit die (für die Existenz der Menschen vorsorgend) Naturgrundlagen geschützt und schonend in Anspruch genommen werden.

Vulnerabilität beschreibt den Grad der Anfälligkeit gegenüber einem potentiell schädigenden Ereignis.

Wasserdargebot eines Gebiets setzt sich aus dem Niederschlagsdargebot, dem Wasserzufluss aus Oberliegergebieten und den Wasserverlusten zusammen. Eine wasserwirtschaftliche Nutzung des Wasserdargebots berücksichtigt Gesichtspunkte der Wasserqualität und der Ökologie.

Wasserkultur bezeichnet den soziokulturellen Wertekontext einer Gesellschaft, in dem Menschen mit Bezug auf Wasser aufwachsen und handeln. Er entsteht durch vielfältige Wechselwirkungen zwischen den ökologischen Bedingungen und den soziokulturellen Sphären wie Politik, Wirtschaft oder Religion.

Wassersättigungsdefizit der Luft ist das Maß für die Menge an Wasser, die bis zur vollständigen Sättigung der Luft (100% Luftfeuchte) aufgenommen werden kann.

7 Die Syndrome des Globalen Wandels als Unterrichtsgegenstand

Das Syndromkonzept wird sich am Besten am Beispiel eines einzelnen Syndroms dadurch einführen lassen, dass die Schülerinnen und Schüler selbst mit Hilfe einfacher Beschreibungen und Fallstudien ein Beziehungsgeflecht entwickeln, d.h. die Ursache-Wirkungs-Verknüpfungen einzelner Trends darstellen. Je nach Lerngruppe lässt sich dieses durch unterschiedlich schwierige Texte und steuernde Vorgaben, z.B. durch eine vorausgehende gemeinsame Identifizierung der relevanten Trends, sehr differenziert gestalten. Die meisten der im BLK-Programm realisierten Unterrichtssequenzen folgen diesem Muster.

Den Schülerinnen und Schülern wurden in der Regel zunächst Materialien zu den relevanten Symptomen und deren Verknüpfungen zur Verfügung gestellt. Häufig waren das Fallstudien, Experimente, Statistiken oder Grafiken, die bestimmte Sachverhalte oder Zusammenhänge verdeutlichten. Die Erarbeitung erfolgte fast durchgängig in Gruppen. Einige Schulen nutzten dabei arbeitsteilige Verfahren, wie das Selbstorganisierte Lernen (SOL) – eine Methode, die auf dem Wechsel von Experten- und Stammgruppen basiert. Je nach Klassenstufe, Schwierigkeitsgrad des Lerninhaltes, Vorkenntnissen und Leistungsstand der Gruppen wurden hier Materialien unterschiedlicher inhaltlicher Breite angeboten und mehr oder weniger stark steuernde Aufgaben gestellt.

Aufbauend auf diese Phase erfolgte dann die Erarbeitung des jeweiligen Syndroms, in dem das erworbene Wissen zusammengetragen und verknüpft wurde. Als Ergebnis entstanden Beziehungsgeflechte, die sich im Umfang zum Teil sehr unterschieden; es wurden Varianten vom bloßen Syndromkern bis hin zum vollständigen Syndrom, das auch periphere Symptome beinhaltete, erstellt.

Um die systemische Qualität des Syndromkonzeptes zu verdeutlichen, bietet sich ausgehend von dieser Bearbeitungsstufe eine erste Erweiterung an: Das an einem konkreten Fall gewonnene Muster wird auf andere, vergleichbare Situationen und Gegebenheiten übertragen. Ein solcher Transfer wurde am Beispiel des Katanga-Syndroms (Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen) folgendermaßen gestaltet: Das Syndrom wurde anhand des Braunkohleabbaus in der Lausitz erarbeitet und in einem zweiten Schritt auf den Bauxitabbau in Brasilien zur Gewinnung von Aluminium übertragen. Ein vergleichbares Vorgehen beim Dustbowl-Syndrom (Nicht nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern) besteht in der Übertragung des am Maisanbau in Norddeutschland gewonnen Musters auf die Problematik des Weizenanbaus in den great plains der USA oder in der Ukraine; Phänomene des Massentourismus können am Beispiel der Dominikanischen Republik erarbeitet und zum Beziehungsgeflecht verknüpft und anschließend auf einen anderen Kontext, beispielsweise auf die Ferieninsel Mallorca, übertragen werden. Wenngleich nicht alle Schulen bisher einen solchen Transfer vollzogen haben, waren sich die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer in der Bewertung seiner besonderen Qualität einig: Während die Bearbeitung nur einer Fallstudie noch sehr auf der Ebene des Einzelereignisses und der Singularität verharrt, bietet ein Transfer des daran gewonnen Musters auf eine andere Situation eine Möglichkeit, die Allgemeingültigkeit und den archetypischen Charakter des Syndroms zu betonen. Wie weit man mit einem solchen Transfer gehen kann, ohne Schülerinnen und Schüler zu überfordern kann bisher noch nicht beantwortet werden und ist eine wichtige Frage für weitere Unterrichtsversuche: Ist es beispielsweise vermittelbar, dass so unterschiedliche Phänomene wie Überfischung, Ausrottung der Büffel und Vernichtung der Regenwälder dem gleichen Syndrom „Raubbau“ zugeordnet werden können (vergleiche Kapitel 4 dieser Handreichung)?

Haben die Schülerinnen und Schüler sich bereits einige Kenntnisse über die Syndrome des Globalen Wandels angeeignet, lassen sich Unterrichtsgänge für „Fortgeschrittene“ konzipieren. Ein Wechsel zwischen der Ebene der Einzelereignisse und der verallgemeinernden Ebene der Gesamtheit der Syndrome eröffnet dann spannungsreiche Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung. Eine Gruppe von Lehrerinnen und Lehrer hat sich das Syndromkonzept auf eine solche Weise angeeignet: Ausgehend von einer aktuellen Fallbeschreibung (im konkreten Beispiel der Cyanid-Unfall bei der Goldgewinnung in Rumänien) versuchten sie, das Ereignis anhand von Kurzbeschreibungen der Syndrome (siehe diese Handreichung, Kapitel 3) auf der allgemeineren Ebene zu verorten. In Frage kommen bei diesem Beispiel die Syndrome „Havarie“ (Singuläre anthropogene Umweltkatastrophe mit längerfristigen Auswirkungen), „Kleine Tiger“ (Vernachlässigung ökologischer Standards im Zuge hochdynamischen Wirtschaftswachstums) oder „Katanga“ (Umweltdegradation durch Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen). Es wurde schnell deutlich, dass eine exakte Zuordnung bei nur einer Fallstudie schwierig ist. Man braucht zusätzlich Informationen über weitere, vergleichbare Ereignisse. Durch die Projektion auf die Ebene der Syndrome werden zugleich diejenigen Sektoren benannt, die einer intensiveren Bearbeitung bedürfen, so dass sich an dieser Stelle die Möglichkeit bietet, inhaltlich etwas tiefer einzusteigen (vgl. die Abbildungen in Kapitel 8). Um im obigen Beispiel zu bleiben, liegt zunächst eine Hinwendung zu Themenkomplexen wie Technologie der Cyanidlaugerei, Edelmetalle, chemische Gleichgewichte, Redoxpotentiale und Komplexverbindungen nahe. Dadurch ist aber immer noch nicht entscheidbar, welchem Syndrom das Ereignis zugeordnet werden kann. Der zweiter Blick auf die Syndromebene zeigt, dass es darüber hinaus notwendig ist, näheres über die Ökonomie der Schwellenländer, die Veränderungen der politischen Landkarte Osteuropas und die wirtschaftlichen Verhältnisse Rumäniens zu erfahren. Ein solcher Wechsel zwischen Ereignis- bzw. Fallebene und Syndromebene eröffnet die Möglichkeit, Informationslücken gezielt zu identifizieren und zu füllen. Auf diese Weise macht die Auseinandersetzung mit dem Konzept die Sinnhaftigkeit fächerübergreifenden Arbeitens erfahrbar. Der Syndromansatz kann somit für den fächerübergreifenden Unterricht ein Instrument darstellen, das bei einer systematischen Themengenerierung und -spezifizierung sowie bei der Verknüpfung von fachspezifischen Inhalten und Methoden hilfreich ist (vergleiche auch Kapitel 8).

Auch Problemlösungen können auf beiden Ebenen betrachtet werden. Man kann die bei einem singulären Ereignis beobachteten oder vorgeschlagenen Maßnahmen oder Strategien mit ihren Angriffspunkten innerhalb des Beziehungsgeflechtes verorten und ihre Wirkung prognostizieren. Es ist jedoch ebenso gut möglich, innerhalb einer Modellierung zunächst verschiedene Entwicklungspfade zu beschreiben und dieses dann auf die konkrete Ebene zu übertragen und Beispiele für entsprechende Maßnahmen zu suchen.

In diesem Zusammenhang wurde in Diskussionen mit Lehrerinnen und Lehrern oft auf eine Gefahr bei der unterrichtlichen Nutzung des Syndromkonzeptes hingewiesen: Da es bei nicht-nachhaltigen Entwicklungen ansetze, transportiere es ein sehr deprimierendes, negatives Bild vom Zustand der Welt und böte im Vergleich zu positiven Visionen nachhaltiger Entwicklung weniger Handlungsmöglichkeiten an. Diese Argumentation wird bereits inhaltlich durch die Grundkonzeption der Syndrome des Globalen Wandels im Verhältnis zur nachhaltigen Entwicklung relativiert: Das Konzept versucht, Fehlentwicklungen zu beschreiben, gerade um daraus Leitplanken für „zulässige“, also nachhaltige Entwicklungen zu gewinnen, die dann unterschiedliche Handlungsoptionen offerieren. Es folgt damit dem Anspruch, den lokal und global Handelnden anstelle starrer Zielvorgaben „weiche“, qualitative Entscheidungshilfen in Form von Entwicklungskorridoren und -optionen anzubieten, die dann an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden müssen. Die Syndrome des Globalen Wandels öffnen und verlangen damit einen gesellschaftlichen Diskurs über unterschiedliche Entwicklungspfade innerhalb dieses Korridors. Daraus können durchaus mehr Gestaltungsmöglichkeiten und Partizipationschancen als bei der Formulierung positiver, eng

zielgeführter Leitbilder oder Handlungsvorschriften erwachsen. Gleichzeitig erlaubt es eine Bewertung unterschiedlicher Handlungsmöglichkeiten, etwa ob sie im Syndromkern, an einen zentralen Kausalzusammenhang ansetzen, oder ob sie eher dämpfend auf Folgewirkungen Einfluss nehmen.

Diese spezielle Herangehensweise durch die Beschreibung einer nicht-nachhaltigen Entwicklung sollten den Schülerinnen und Schüler vorab vermittelt und begründet werden. Ein besonders gelungenes Beispiel dafür fanden wir an der Lise-Meitner-Oberschule in Berlin mit einer Analogie zum Begriffspaar „Gesundheit“ und „Krankheit“. Den Schülern war klar, dass es sehr viel einfacher ist, „Gesundheit“ als Abwesenheit von Krankheiten zu beschreiben, als zu einer positiven Definition von Gesundheit zu gelangen. Die Parallele zu Nachhaltigkeit (Gesundheit) und Nicht-Nachhaltigkeit (Krankheit) erschien ihnen dann plausibel.

Neben dieser inhaltlichen Klärung erscheint jedoch auch eine pädagogische Reaktion auf die oben genannte Argumentation, das Syndromkonzept vermittele düstere und deprimierende Eindrücke, geboten. Ihr wurde von vielen Beteiligten durch die gezielte Einbindung von handlungsorientierten Sequenzen und durch das Offerieren von Handlungsoptionen begegnet. Schulen, die sich mit dem Dust-Bowl-Syndrom beschäftigen, planen eine Speiseangebot mit ökologischen Produkten aus der Region; die Auseinandersetzung mit dem Massentourismus-Syndrom führte zur Gründung eines Schülerreisebüros mit einem an der Nachhaltigkeit orientieren Angebot.

8 Unterrichtsplanung mit dem Syndromkonzept

Nicht nur als Unterrichtsgegenstand, auch für die Unterrichtsplanung stellen die Syndrome des globalen Wandels ein interessantes Hilfsmittel dar. Diese Funktion wurde schon im Kapitel 7 angesprochen; sie ist nicht ganz offensichtlich und soll im Folgenden etwas präzisiert werden.

Jeder gute Fachunterricht strebt aktuelle Bezüge an. Aktuelle Trends, populäre Forschungsresultate und insbesondere Medienereignisse wie etwa das schon etwas zurückliegende Geschehen um die Bohrinsel „Brent Spar“ sind willkommene Anlässe für den Unterricht. Lehrerinnen und Lehrer sammeln deshalb Zeitungsausschnitte, Ton- und Filmdokumente und legen beachtliche Archive an. In letzter Zeit erleichtert und ergänzt das Internet zunehmend diesen Teil der Unterrichtsvorbereitung.

Manchmal wirken die erwünschten aktuellen Bezüge allerdings etwas aufgesetzt, sind die Überschneidungen zwischen den Ereignissen und den fachlichen Inhalten nur peripher und äußerlich. Manchmal sind sie – wenn auch vorhanden – für die Schülerinnen und Schüler nur schwer erkennbar und herstellbar. Häufig dienen solche Ereignisse lediglich als „Einstiege“ oder „Aufhänger“, um sich ansonsten im Unterricht entlang der Fachsystematik zu bewegen. So kommt es vor, das die „Einstiegsproblematik“ im Verlauf des problemorientierten Unterrichts in ihrer Bedeutung hinter fachliche Inhalte zurücktritt, manchmal einfach abhanden kommt und oft keiner Lösung zugeführt wird. Für viele Schülerinnen und Schüler sind das unbefriedigende Lernerlebnisse. Und schließlich muss sich der aktualitäts-, situations- und problembezogene Unterricht häufig mit dem Vorwurf der Zufälligkeit, Beliebigkeit und mangelnden Strukturierung seiner Inhalte auseinandersetzen, misst man ihn an weitgehend entlang der Fachsystematik strukturierten Lehrgängen.

Der Syndromansatz bietet eine Hilfestellung zur systematischen und strukturierten Verknüpfung singulärer Ereignisse und aktueller Forschungsergebnisse mit den Curricula der einzelnen Fächer. Damit lassen sich einige der aufgezählten Schwierigkeiten umgehen, einige der Vorbehalte und Vorurteile gegenüber situationsorientiertem fächerübergreifendem Unterricht ausräumen.

8.1 Themenfindung und –einordnung

Das Konzept verknüpft interdisziplinär globale Trends aller Sphären und hat ausdrücklich Aggregation und Systematisierung zum Ziel.

Die Syndrome können dadurch neben den Einzelereignissen und den Fachinhalten eine dritte Bezugsebene für die Unterrichtsvorbereitung darstellen. Damit bilden die „Syndrome globalen Wandels“ nicht nur neue Unterrichtsinhalte, sondern sie stellen in ihrer Gesamtheit gewissermaßen eine Referenzebene für die Auswahl der Unterrichtsthemen dar und liefern Relevanzkriterien für die Auswahl der Fachinhalte. Eine solche Projektion eines Einzelereignisses auf die Ebene der Fächer und der Syndrome wurde bereis im Kapitel 7 am Beispiel des Cyanid-Unfalls in Rumänien angesprochen. Die folgende Abbildung verdeutlicht diese Überlegungen und zeigt, wie eine Orientierung an den Syndromen die Themenfindung unterstützt. Die Kurzbeschreibungen der drei für das Cyanid-Ereignis in Frage kommenden Syndrome machen deutlich, dass ein auf die Naturwissenschaften beschränktes Herangehen keine vollständige Darstellung der relevanten Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erlaubt und sie geben Aufschluss über die notwendigen inhaltlichen Beiträge weiterer Fächer.

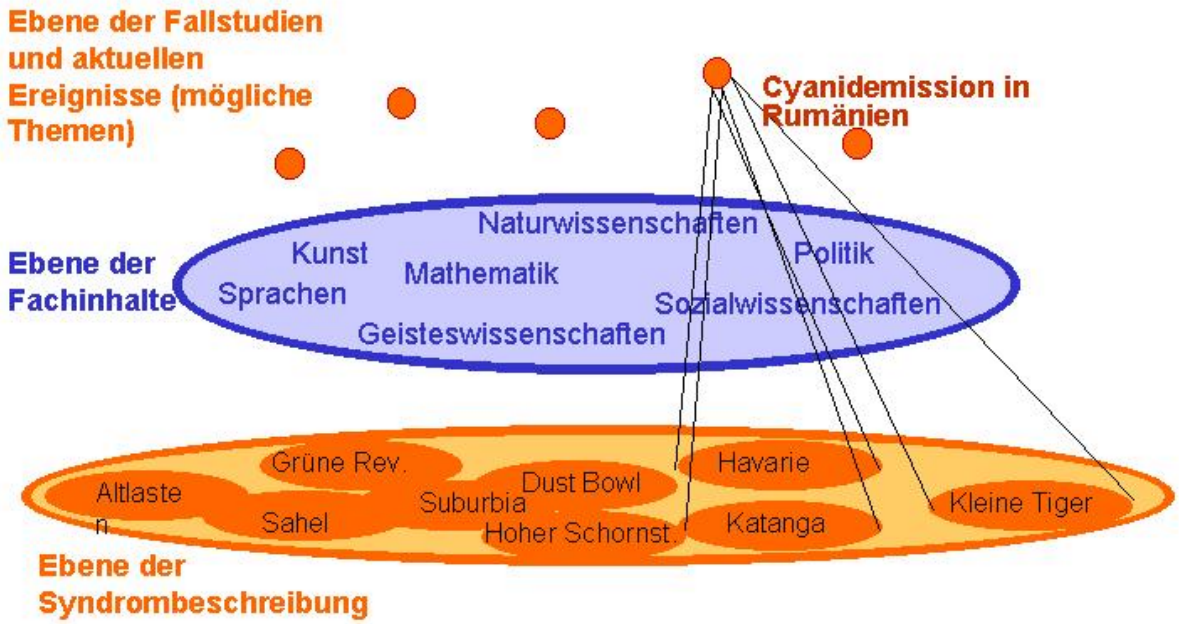


Abbildung 5: Die Syndrome als Hilfsmittel zur Themenfindung und -einordnung

Bezogen auf ein singuläres Einzelereignis sind dann nicht mehr beliebige Fachinhalte anknüpfbar, sondern es werden diejenigen selektiert, die sich auch auf der Syndromebene als relevant abbilden. Es ist beispielsweise nur wenig sinnvoll, eine Nachricht über Hungersnöte als Folge von Bodendegradation südlich der Sahara zum Anlass zu nehmen, um im Unterricht Nahrungsmittelproduktion, landwirtschaftlich bedingte Bodenveränderungen und die EG-Subventionspolitik in Mitteleuropa als Erläuterung des zugrundeliegenden Ursache-Wirkungs-Mechanismus zu behandeln. Die entsprechenden Syndrome „Sahel“ (Überbeanspruchung einer

marginalen reproduktionsnotwendigen Ressourcenbasis) und „Dust bowl“ (Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern) sind unterschiedlich und basieren auf gänzlich verschiedenen kausalen Beziehungen. Eine Zusammenschau beider Syndrome kann sich zwar anbieten, um die Wechselwirkungen als Beispiel für die Entstehung globaler Disparitäten zu thematisieren. Es ist jedoch notwenig, ihre Unterschiedlichkeit bezogen auf die kausalen Muster der Syndrome vorab zu verdeutlichen.

Über diese Aspekte hinaus bietet das Syndromkonzept die Möglichkeit, auch auf der Ebene der Ereignisse selektiv sein zu können. Es ist die Frage, ob singuläre Phänomene, aus denen sich keinerlei verallgemeinerbare Bezüge entwickeln lassen, geeignete Unterrichtsgegenstände darstellen und über einzelne, episodenhafte Schulstunden hinaus tragfähig sind. Unter dem Gesichtspunkt der Vermittlung von Allgemeinwissen sollte jenen Ereignissen Vorrang gegeben werden, die eine hohe Resonanz auf der Ebene der Syndrome finden.

8.2 Gewichtung und Spezifizierung der Fachinhalte

Kaum ein wissenschaftliches Resultat wird in den Unterricht gelangen, ohne vorher eine sogenannte didaktische Reduktion erfahren zu haben. Abhängig vom Alter, Vorwissen, Leistungsniveau und von den Interessen der Schülerinnen und Schüler ist es notwendig den Stoff zu verändern. Häufig sind die Inhalte zu voraussetzungsreich, zu komplex oder zu umfangreich um direkt „an die Klasse“ gebracht zu werden. Meist muss an vielen Stellen vereinfacht, portioniert und gekürzt werden, damit aus Forschungsmaterial Unterrichtsstoff wird. Nicht selten entstehen bei diesem Prozess Fehler, unsachgemäße Verkürzungen und unzulässige Akzentverschiebungen.

Mit Hilfe des Syndromkonzepts lassen sich einige dieser Schwächen der didaktischen Reduktion vermeiden. Die komplexen Beziehungsgeflechte der Syndrome lassen sich in aller Regel auf einen zentralen Mechanismus, einen sogenannten Kern, zurückführen. (vergleiche Kapitel 2) Mindestens dieser Kern muss Gegenstand des Unterrichts sein, soll das Syndrom verständlich werden. Der Syndromkern zeigt die Relevanz einzelner Fachinhalte für das Syndrom, er gibt Hinweise auf ihre Gewichtung und markiert genau und griffig die Grenzen der didaktischen Reduzierbarkeit. Alle bisherigen Erfahrungen sprechen dafür, die Syndrome erst in der zweiten Hälfte der Sekundarstufe I einzuführen, um auf die notwendigen fachlichen Grundlagen zurückgreifen zu können.

8.3 Verknüpfung der Fachinhalte

Um das Phänomen „Hungersnöte im Sahel“ zu verstehen, reicht eine naturwissenschaftliche Analyse nicht aus, sondern es ist eine Hinwendung zu sozio-ökonomischen Faktoren notwendig. Auch die erforderliche Kooperation der Fächer kann durch das Syndromkonzept unterstützt werden. Das Beziehungsgeflecht bzw. der Syndromkern geben nicht nur maximale bzw. minimale Beschreibungen der Fachinhalte, die zur Erfassung des Syndroms notwendig sind, sondern sie weisen auch ihre Schnittstellen und Verknüpfungen aus.

Der Kern des Sahelsyndroms ist beispielsweise im Bereich der Ökonomie durch eine Intensivierung und Ausweitung der landwirtschaftlichen Aktivitäten beschreibbar, die zu Fertilitätsverlusten und Erosionserscheinungen des Bodens und dadurch zu Armut führt. Diese verursacht eine Zunahme der landwirtschaftlichen Aktivität und damit eine Übernutzung der Ressource, die die Bodendegradation beschleunigt (siehe Kapitel 2, Einführung in das Syndromkonzept). Dieser „Teufelskreis“ folgt also einem bestimmten Muster der Verknüpfung und enthält definierte Richtungen von Ursache und Wirkung, die es in der Kooperation der Fächer im Unterricht zu verdeutlichen gilt. Wichtig ist dabei,

dass es hier anders als in vielen konventionellen Betrachtungen um mehr als die Beschreibung von Ursache-Wirkungs-Ketten geht. Eine besondere Qualität des systemaren Ansatzes ist es, Ursache-Wirkungs-Netze zu beschreiben und dabei Rückkopplungs- und Synergieeffekte berücksichtigen zu können.

9 Beiträge der Syndrome des Globalen Wandels zur Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung

Die Syndrome des Globalen Wandels bilden einen wichtigen Baustein der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Es soll in diesem Basismaterial deshalb etwas genauer darauf eingegangen werden, worin ihre besondere Qualität besteht und welchen Stellenwert sie im Kontext dieses Bildungsauftrags haben.

Nachhaltige Entwicklung verlangt, eine sich mit hoher Dynamik verändernde Welt in ökologischer, ökonomischer und sozialer Balance aktiv zu gestalten. Sie beschreibt damit ein umfassendes Modernisierungskonzept für das Leben und Wirtschaften im 21. Jahrhundert. Eine solche Entwicklung – das ist politisch weitgehend unumstritten – kann nicht als zentral gesteuerter Wandlungsprozess mit einer „top-down“-Strategie erfolgen, sondern verlangt gemäß der Agenda 21 "das Engagement und die echte Beteiligung aller gesellschaftlicher Gruppen" und damit "neue Formen der Partizipation". Den Bürgern werden dabei erhebliche Kompetenzen bei der Beteiligung und Selbstorganisation von Verständigungs- und Entscheidungsprozessen abverlangt (z.B. eigenständige Aneignung und Bewertung von Informationen, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, vorausschauendes Planen in vernetzten Systemen). Die Agenda 21 verlangt deshalb in einem eigenen Bildungskapitel die "Neuausrichtung der Bildung auf eine nachhaltige Entwicklung".

Welche Kompetenzen werden durch die Auseinandersetzung mit den Syndromen besonders gefördert? Seine Stärken liegen besonders im Bereich des Zukunftsbezugs, der Problemorientierung, der Interdisziplinarität und in der Vermittlung eines veränderten Wissenschaftsverständnisses im Umgang mit systemaren Unsicherheiten und unvollständigen Wissensbeständen.

Syndrome des Globalen Wandels sind durch bestimmte historische Entwicklungen und Ereignisse charakterisierbar. Ihre Dynamik erlaubt die Beschreibung von Entwicklungsrichtungen. Es lassen sich qualitative Aussagen über die zeitlichen Horizonte möglicher ökologischer oder sozialökonomischer Schädigungen und über die Dringlichkeit der Interventionen treffen. Bezogen auf die Zukunft bieten sich somit Möglichkeiten, unterschiedliche Handlungsoptionen in ihren Auswirkungen zu modellieren und Fehlentwicklungen durch gezieltes Gegensteuern zu vermeiden. Auf diese Weise wird der für Bildungsprozesse notwendige Zukunftsbezug eingelöst, ohne – wie in anderen Zukunftsmodellierungen – die Ergebnisoffenheit einzubüßen.

Problemorientierung ist ein konstitutives Moment des Syndromansatzes. Sein Ausgangspunkt sind Entwicklungen der Mensch-Natur-Beziehungen, die als krisenhaft und risikoreich wahrgenommen werden. Die Analyse der Trends des Globalen Wandels, die Modellierung von unterschiedlichen „Zukünften“, die Entwicklung eines akzeptablen Entwicklungskorridors beschreiben Lösungskompetenzen, die sich am Lerngegenstand der Syndrome erwerben lassen.

Bezogen auf Interdisziplinarität liegen die Vorteile des Syndromkonzeptes darin, Schülerinnen und Schülern entsprechende Strukturen und Herangehensweisen zu vermitteln. Das zentrale Anliegen ist die Darstellung von archetypischen funktionalen Mustern, die Einzelsymptome bündeln und in Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge integrieren. Damit erfasst und schildert das Syndromkonzept den globalen Wandel in einer Weise, die sowohl über die isolierte Darstellung von Einzelereignissen als auch über die lapidare Feststellung, dass „Alles mit Allem zusammenhängt“, hinausweist. Während die beiden genannten Beschreibungsversuche bei aller Unterschiedlichkeit der Aussagen bezogen auf Handlungsoptionen gleichermaßen amorph sind, bieten die Syndrome des Globalen Wandels Struktur

und Orientierung. In den Schulen wird der globale Wandel häufig in Gestalt isolierter Zustandsveränderungen beschrieben. Die Systematik des Syndromkonzeptes bietet Möglichkeiten der Verknüpfung und Strukturierung.

Eines der Hauptkriterien für die als „Syndrome des Globalen Wandels“ bezeichneten Muster ist ihre Verortung sowohl in der Natur- wie auch in der Anthroposphäre. Der Syndromansatz widmet sich globalen Trends in unterschiedlichen Sektoren, wie z.B. in der Biosphäre, Hydrosphäre, psychosozialen Sphäre, im Bereich der Wirtschaft, der Wissenschaft und Technik oder der gesellschaftlichen Organisation. Er ist im methodischen Bereich zwingend auf ein Zusammenwirken verschiedener Wissenschaftsdisziplinen sowie auf Integration der entsprechenden fachspezifischen Methoden und Erkenntnisse angewiesen. Die in Schulen oft betriebene Praxis, die Phänomene Globalen Wandels ausschließlich als Gegenstände der Naturwissenschaften zu betrachten, wird so relativiert und erweiterungsbedürftig.

Qualitätsstandards für die fachlichen Beiträge werden mit Hilfe des Syndromkonzeptes aus der Problemstellung heraus definiert. Durch die Komplexität der Beziehungsgeflechte werden sowohl fachliche als auch überfachliche Anteile vor einer unzulässigen Reduktion geschützt (s.o.).

Der Syndromansatz unterscheidet sich vom herkömmlichen Wissenschaftsverständnis, das auf eindeutige Zusammenhänge und hohe Sicherheit der Wissensbestände angewiesen ist. Aufgrund der Komplexität des betrachteten Gegenstands „Globaler Wandel“ und der zahlreichen Interdependenzen, kann von sicherem Wissen nicht mehr ausgegangen werden. Komplexe Systeme zeichnen sich durch eine prinzipiell eingeschränkte Vorhersagbarkeit ihrer Entwicklungsdynamik aus. Die Ausgangsposition der Forschung zum Globalen Wandel ist dadurch charakterisiert, dass

- „die Fakten ungewiss,
- die Werte umstritten,
- die Gefahren und Risiken hoch sind,
- aber die Entscheidung dennoch dringend ist“ (Reusswig 1998, S. 5).

Ein systemischer Ansatz wie der hier vorliegende operiert mit unsicherem und vorläufigem Wissen, verarbeitet unterschiedliche Bewertungssysteme und divergierende Prognosen. Seine Ergebnisse sind qualitative Aussagen über Entwicklungsrichtungen und –trends. In einem iterativen Prozess lassen sich neue Datenlagen integrieren, die Ergebnisse sind deshalb immer revidierbar und in gewisser Weise „vorläufig“. Aber sie erlauben es, Handlungsoptionen zu beurteilen, ohne auf Vollständigkeit der Wissensbestände zu bestehen. Mit dem hier skizzierten Wissenschaftsverständnis wird gleichzeitig eine veränderte Form von Wissenschaftspropädeutik angedeutet, zu der das Syndromkonzept beitragen kann.

10 Beiträge der Syndrome des Globalen Wandels zu einer modernen Allgemeinbildung

Nicht nur aus der Perspektive der nachhaltigen Entwicklung, sondern auch durch eine übergeordnete Debatte um zeitgemäße Bildungsziele und –inhalte werden Argumente für den Einsatz der Syndrome des Globalen Wandels innerhalb der Allgemeinbildung verstärkt.

In jüngster Zeit wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mehrere Studien erstellt, die sich der Frage zukünftiger Bildung widmen.

In der Studie „Potentiale und Dimensionen der Wissensgesellschaft – Auswirkungen auf Bildungsprozesse und Bildungsstrukturen“ wurden Experten im Delphi-Verfahren bezüglich zukünftiger Entwicklungen befragt. Die Ergebnisse sind an anderer Stelle (de Haan/Harenberg 1999) recht ausführlich referiert worden. Hier sei vor allem ein Blick auf folgende zentrale Themen und Inhalte gerichtet:

- Informationstechnik und Medien;
- Neue Technologien;
- Medizin, menschlicher Körper;
- Umwelt, Umweltschutztechnik;
- Internationale Wirtschaft und Arbeitswelt;
- Gesellschaftlicher Wandel und Wissensmanagement.

Sie gelten in genannter Studie als besonders dynamische Wissensgebiete, die zukunftsbestimmend sein werden und in denen hohe Wissenszuwächse zu erwarten sind.

Ein besonders hoher Stellenwert kommt in dieser Befragung der Interdisziplinarität zu. Sie gilt als eine der zentralen Herausforderungen der Wissensgesellschaft. Als Wissensgebiet mit besonders hoher interdisziplinärer Bedeutung wird an erster Stelle der Komplex „Umwelt“, gefolgt von „Globalisierung“, genannt. Sowohl das interdisziplinäre Grundkonzept der Syndrome wie auch die von ihnen berührten Themen finden demnach eine deutliche Bestätigung als ausgewiesen zukunftsorientierte Bildungsvorstellungen.

Das sogenannte „Wissensdelphi“ betont gleichzeitig die Notwendigkeit, den Bürgern in der Wissensgesellschaft Hilfestellungen bei der Bewältigung der Informations- und Wissensflut zu geben und sie in die Lage zu versetzen, mit der Komplexität des Wissens zurechtzukommen. In Abgrenzung zum Spezial- und Expertenwissen wird diese Eigenschaft als Allgemeinwissen charakterisiert, das die Funktion hat,

- „Basis für die allgemeine Verständigung und damit Voraussetzung für soziales Handeln zu sein;
- Einstieg in Spezialwissen zu ermöglichen, in dem es Schlüsselqualifikationen und Anknüpfungspunkte für das Gespräch mit Fachleuten und das Zurechtfinden in der Fachwelt bietet;

- Zur Orientierung in der Informationsflut zu verhelfen, indem es dem Einzelnen Bewertungsraster, Maßstäbe und Beurteilungskriterien zu entwickeln hilft.“

(Prognos AG/Infratest Burke 1998, S. 41)

Der Bereich des inhaltlichen Basiswissens als eine Komponente des Allgemeinwissens umfasst besonders auch das inhaltliches Wissen über aktuelle Probleme, die durch Beispiele wie Ökologie, europäische Integration und weltweite Abhängigkeiten veranschaulicht werden. Dieses aktuelle Wissen, soll dem Einzelnen „[...] erst das „Andocken“ an das jeweils erforderliche Spezialwissen“ ermöglichen (Prognos AG/Infratest Burke 1998, S. 45).

Auch hier sind die Bezüge zum Konzept der „Syndrome des Globalen Wandels“ unübersehbar. Auf einer konkreten, fallbezogenen Ebene trägt es zum Erwerb problemorientierten inhaltlichen Wissens bei. Interpretiert als überfachliches Unterrichtskonzept, erfüllt es durch seine Systematik die im „Wissensdelphi“ benannten Funktionen des Allgemeinwissens, besonders in seinen orientierenden, strukturierenden und kriterienbildenden Eigenschaften.

Eine weitere auf die allgemeine Bildung bezogene Argumentation ist der Diskussion um die PISA-Studie (PISA steht für „Programme for International Student Assessment“, vgl. Deutsches PISA-Konsortium 2001) zu entnehmen und bezieht sich darauf, welche Kompetenzen durch eine Auseinanderssetzung mit den Syndromen bei Schülerinnen und Schülern gefördert werden können. In der aktuellen bildungstheoretischen Debatte hat sich das Konzept der Kompetenzen zur Beschreibung von Bildungszielen und zur Leistungs- und Qualitätsmessung nahezu durchgesetzt (vgl. dazu Deutsches PISA-Konsortium 2001, das in diesem Zusammenhang auf die angelsächsischen Literacy-Konzeption verweist). Die internationale Vergleichsstudie PISA 2000 orientiert auf sogenannte Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern. Die PISA-Indikatoren sollen dabei besonders jene Kompetenzen erfassen,

„...die in modernen Gesellschaften für eine befriedigende Lebensführung in persönlicher und wirtschaftlicher Hinsicht sowie für eine aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben notwendig sind“ (Baumert/Stanat/Demmrich 2001, S. 16).

Damit folgt PISA einer funktionalen Bestimmung von Bildungszielen, deren zentrale Orientierungsgröße die Anwendbarkeit des Erworbenen und Erlernten in authentischen Lebenssituationen darstellt. Wenngleich PISA 2000 zwischen Lesekompetenz, mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung sowie fächerübergreifenden Kompetenzen unterscheidet, steht weniger einen Orientierung an den Curricula, ein Überprüfen des im Fachunterricht vermittelten Wissens im Vordergrund als ein anwendungsbezogenes Beherrschen und Verstehen von Konzepten und Prozessen.

Gegenüber den Basiskompetenzen sind Unterrichtsthemen und -fächer relativ variabel. So gilt die Lesekompetenz bei PISA nicht als fachbezogene, sondern als fächerübergreifende Schlüsselqualifikation, deren Vermittlung allen Fächern obliegt. Lesekompetenz ist in dieser Interpretation sehr viel mehr als das „Entziffern-Können“ von Texten, sondern bedeutet im Kern einen „verstehenden Umgang“ mit schriftlichem Material, seien es fortlaufende Texte, Grafiken, Tabellen oder Übersichten. Die Aufgabenbeispiele aus dem Lesetest der PISA-Studie umfassen solche ganz unterschiedlichen Textformen. Der kompetente Leser zeichnet sich dadurch aus, solchen Texten die relevanten Informationen entnehmen, sie textbezogen zu interpretieren und bezogen auf sein Vorwissen reflektieren und bewerten zu können. Vergegenwärtigt man sich die Anforderungen, die

eine Beschäftigung mit den Syndromen an Schülerinnen und Schüler stellt, findet man deutliche Parallelen. Fallstudien als fortlaufende Texte, Grafiken zu zeitlichen Verläufen, Tabellen mit statistischen Daten – das sind die Ausgangsmaterialien, denen Informationen entnommen, zu Beziehungsgeflechten verknüpft und schließlich bezogen auf Handlungsoptionen bewertet werden sollen. Diese Aufgabentypen und Anforderungen ähneln in hohen Maße denen, die man in der PISA-Studie eingesetzt hat.

Bezogen auf die Naturwissenschaften lassen sich ganz ähnliche Übereinstimmungen erkennen. Dieses wird besonders deutlich, wenn man die für die PISA-Studie grundlegende Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung heranzieht:

„Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD 1999, S. 60; zit. nach Prenzel/Rost u.a. 2001, S. 198).

Hier wird eine fachbezogenes Grundbildungsverständnis formuliert, dass durch Bezüge auf soziale, ökonomische und ökologische Kontexte in allgemeine fachübergreifende Bildungsziele eingebettet ist und daraus seine Legitimation gewinnt. Gerade dadurch zeichnet sich auch das Syndromkonzept aus, bei dem naturwissenschaftliche Erkenntnisse systematisch zu sozialen und ökonomischen Sachverhalten in Beziehung gesetzt und vor dem wertorientierten Hintergrund der nachhaltigen Entwicklung bewertet werden.

Die Syndrome des Globalen Wandels können, so lautet das Resümee, einen Beitrag zu einer modernen Allgemeinbildung leisten, wie sie in den Delphis des BMBF und in der PISA-Studie 2000 skizziert wird.

11 Literatur

Abramovitz J.N. and Mattoon A.T. (1999) Reorienting the Forest Products Economy. In: Brown L.R., Flavin C. and French H. (eds.) State of the World 1999. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W. W. Norton & Company, New York.

Angelsen A. (1999) Agricultural expansion and deforestation: modelling the impact of population, market forces and property rights. Journal of Development Economics. Vol. 58, pp. 185-218.

Arcworld (1992) A comprehensive GIS database for use with ARC/INFO® and ArcView™. Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA.

Baumert, J., Stanat, P., Demmrich, A. (2001) PISA 2000: Untersuchungsgegenstand, theoretische Grundlagen und Durchführung der Studie. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen, S. 15 – 69.

Böhme G. (1993) Fuzzy-Logik. Einführung in die algebraischen und logischen Grundlagen. Springer Verlag, Heidelberg.

Brüggemeier F.-J. (1998) Tschernobyl, 26. April 1986. Die ökologische Herausforderung. Reihe 20 Tage im 20. Jahrhundert. dtv, München.

Cassel-Gintz M. (1997) GIS-gestützte Identifizierung und Modellierung anthropogen verursachter, typischer Schädigungsmuster des Globalen Wandels. In: Dollinger F. und Strobl J. (Hrsg.) Angewandte Geographische Informationsverarbeitung IX - Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, pp. 135-150.

Cassel-Gintz M. and Petschel-Held G. (2000) GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of non-sustainable civilisation nature interaction. Journal of Environmental Management. Vol. 59, pp. 279-298.

Cassel-Gintz M., Lüdeke M. K. B., Petschel-Held G., Reusswig F., Plöchl M., Lammel G. and Schellnhuber H. J. (1997) Fuzzy-logic based assessment of the marginality of agricultural land use. Climate Research, Vol. 8. 2., pp. 135-150.

Cassel-Gintz M. (2001) GIS-gestützte Analyse globaler Muster anthropogener Waldschädigung: Eine sektorale Anwendung des Syndromkonzepts. Dissertation am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin. PIK-Report No. 71; Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Digitale Version: DARWIN - Digitale Naturwissenschaftliche Bibliothek der Freien Universität Berlin, URL http://www.diss.fu-berlin.de/2001/40.

Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001) PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen.

DIE ZEIT (1999) Nr. 48; 25.11.1999; S.98.

Dierkes M. (1985) Gesellschaft, Technik – Auf dem Wege zu einem neuen gesellschaftlichen Umgang mit der Technik. In: Wildemann (Hrsg.) Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft - Wege zu einem neuen Grundverständnis. Stuttgart.

Dudley N., Jeanrenaud J.-P. and Sullivan F. (1996) Bad Harvest? The Timber Trade and the Degradation of the World’ s Forests. Earthscan, London.

ECB (1997) Encyclopaedia Britannica. CD Version 97.

FAO (1997) State of the World's Forests 1997. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

FAO (1998) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

FAO (1999) State of the World's Forests 1999. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

Forrester J. (1972) Der teuflische Regelkreis. Deutsche Verlagsanstalt. Stuttgart.

Groot R. de (1992) Functions of Nature, Groningen.

Haan, G. de und Harenberg, D. (1999) Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm. Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 72. Herausgegeben von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Bonn.

Hampicke U. (1992) Ökologische Ökonomie, Opladen.

Hanley N. and Spash C. (1995) Problems in Valuing the Benefits of Biodiversity Protection. Environmental and Resource Economics, Vol.5, pp. 249-272.

Heilig G. (1994) Neglected Dimensions of Global Land-Use Change: Reflections and Data. In: Population and Development Review 20, No. 4, pp. 831-859.

Herkendell J. und Pretzsch J. (Hrsg.) (1995) Die Wälder der Erde. Bestandsaufnahme und Perspektiven. München.

IPCC (1996) Climate Change 1995. Second Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (3 Volumes).

Iremonger S., Ravilious C. and Quinton T. (eds.) (1997) A global overview of forest conservation. CD-ROM WCMC and CIFOR, Cambridge, U.K.

Jepma C. J. (1995) Tropical Deforestation. A Socio-Economic Approach. Earthscan, London.

Kahn J. R. and McDonald J. A. (1995) Third-World Debt and Tropical Deforestation. Ecological Economics, Vol. 12, No. 2.

Knighton D. (1998) Fluvial Forms and Processes. A New Perspective. John Wiley & Sons, London.

Kohlmaier G. H., Badeck F. W., Otto R. D., Häger C., Dönges S., Kindermann J., Würth G., Lang T., Jäkel U., Nadler A., Klaudius A., Ramge P., Habermehl S. and Lüdeke M. K. B. (1997) The Frankfurt Biosphere Model: A global process-oriented model for the seasonal and long-term CO2 exchange between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Part 2: Global results for potential vegetation in an assumed equilibrium state. Climate Research, Vol. 8. pp. 61-87.

Kruse R., Gebhardt J. und Klawonn F. (1993) Fuzzy-Systeme. B.G. Teubner. Stuttgart.

Lambin E. and Mertens B. (1997) Human ecology, remote sensing and spatial modelling of land-use changes in Afrika. LUCC Newsletter, No.2, pp. 6-9.

Marsh G. P. (1864) Man and Nature: The Earth as Modified by Human Action. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 1965 edition.

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J. und Behrens W. W. (1972) Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Deutsche Verlagsanstalt. Stuttgart.

Mertens B. and Lambin E. (1997) Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon: Spatial disaggregtion of diverse deforestation processes. Applied Geography, Vol. 17, No. 2, pp. 143-162.

Miller M. (1991) Debt and the Environment: Converging Crisis. United Nation Publications, New York.

Mitchell G., May A. and McDonald A. (1995) PICABUE: a methodological framework for the development of indicators on sustainable development. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, Vol. 2, pp. 104-123.

Moffatt I. (1994) On measuring sustainable development indicators. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, Vol. 1, pp. 97-109.

Morse P. M. (1998) Statement on Release of `Troubled Waters: A Call to Action´. http://www.mcbi.org.

Nepstad D. C., Verissimo A., Alencar A., Nobre C., Lima E., Lefebvre P., Schlesinger P., Potter C., Moutinho P., Mendoza E., Cochrane M. and Brooks V. (1999) Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. Nature, Vol. 398, pp. 505-508.

Nutzinger H. G. und Radke V. (1995) Wege zur Nachhaltigkeit. In: Nutzinger H. G. und Radke V. (Hrsg.) Nachhaltige Wirtschaftsweise und Energieversorgung. Konzepte, Ansatzpunkte, Bedingungen: Metropolis, S. 225-256.

Petschel-Held G., Block A. und Schellnhuber H J. (1995) Syndrome des Globalen Wandels - Ein systemarer Ansatz für Sustainable-Development Indikatoren. GEOwissenschaften, 3:, S. 81-87.

Petschel-Held G., Block A., Cassel-Gintz M., Lüdeke M. K. B., Kropp J., Moldenhauer O., Reusswig F. and Schellnhuber H. J. (1999) Syndromes of Global Change: a qualitative modelling approach to assist global environmental management. Environmental Modelling and Assessment, Vol. 4; pp. 295-314. Special Issue on Earth System Analysis.

Prenzel, M., Rost, J. u.a. (2001) Naturwissenschaftliche Grundbilldung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen, S.192 –251.

Prognos AG, Basel/Infratest Burke Sozialforschung GmbH & Co, München (1998) Delphi-Befragung 1996/1998 „Potentiale und Dimensionen der Wissensgesellschaft - Auswirkungen auf Bildungsprozesse und Bildungsstrukturen“, durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie – Integrierter Abschlussbericht – Zusammenfassung von Delphi I „Wissensdelphi“ und Delphi II „Bildungsdelphi“ München/Basel.

QUESTIONS (Autorenteam: Block A., Cassel-Gintz M., Dehio J., Lammel G., Lass W., Lienenkamp R., Loose C., Lüdeke M. K. B., Petschel-Held G., Reusswig F., Schulze-Bisping H. und Siebe T.) (1996) Reader für den QUESTIONS Status-Workshop, 28-29 Juni 1996 Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, http://www.pik-potsdam.de/.

QUESTIONS (Autorenteam: Block A., Cassel-Gintz M., Kropp J., Lüdeke M. K. B., Moldenhauer O., Peschel-Held G., Reusswig F. und Schellnhuber H. J.) (1998) Globaler Wandel: GIS-gestützte Erfassung und Modellierung der Syndromdynamik. Abschlußbericht des BMBF Forschungsprojekts, Förderkennzeichen 01LG9401/5. http://www.pik-potsdam.de/.

Reusswig, F. (1997) Nicht-nachhaltige Entwicklungen. Zur interdisziplinären Beschreibung und Analyse von Syndromen des globalen Wandels. In: Brand, K.-W. (Hrsg.) Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung an die Soziologie, Opladen, S. 71-90.

Reusswig, F. (1998) Syndrome des Globalen Wandels als innovative Forschungskonzepte für Umweltbildung und -kommunikation. Vortrag für die Tagung „Innovative Konzepte der Umweltbildung und der Umweltkommunikation“. (Unveröffentlichtes Manuskript), Potsdam.

Rudel T. and Roper J. (1997) The Paths to Rain Forest Destruction: Crossnational Patterns of Tropical Deforestation, 1975-90. World Development, Vol. 25, No.1, pp. 53-65.

Schellnhuber H. J. und Kropp J. (1999) Geocybernetics: Controlling a complex dynamical system under uncertainty. Naturwissenschaften, Vol. 85(9), pp. 411-425.

Schellnhuber H. J., Block A., Cassel-Gintz M., Kropp J., Lammel G., Lass W., Lienenkamp R., Loose C., Lüdeke M. K. B., Moldenhauer O., Petschel-Held G., Plöchl M. and Reusswig F. (1997) Syndromes of Global Change. GAIA, Vol. 6. 1, pp. 19-34.

Scholz I. (1999) Situation und Perspektiven der Holzindustrie in Amazonien. Dissertation. Kurzfassung. Typoskript. Berlin

Schramm E. (Hrsg.) (1984) Ökologie-Lesebuch. Ausgewählte Texte zur Entwicklung des ökologischen Denkens. fischer alternativ, Frankfurt am Main.

Schulze E. D. and Mooney H. A. (eds) (1993) Biodiversity and Ecosystem Function. Ecological Studies, Vol. 99, Springer Verlag, Berlin.

Stähler F. (1994) Biological Diversity. The International Management of Genetic Resources and its Impacts on Biotechnology. Ecological Economics, Vol. 11, pp. 227-236.

Stone S. W. (1998) Using a geographic information system for applied policy analysis: the case of logging in the Eastern Amazon. Ecological Economics, Vol. 27, pp. 43-61.

Tobler W., Deichmann U., Gottsegen J. and Maloy K. (1995) The Global Demography Project. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, TR-95-6.

Transparency International (1998) The Corruption Perception Index. http://www.transparency.de.

Turner II B. L., Clark W. C., Kates R. W. , Richards J. F., Tuchman-Mathews J. and Meyer W. B. (Eds) (1990) The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years. Cambridge University Press, Cambridge.

U. S. Department of Transportation (1997) National Transportation Atlas Database NTAD 1997. http://www.bts. gov/gis/ntatlas/.

U. S. National Geophysical Data Center (1988) ETOPO5 Global elevation at 5 minutes resolution. USNGDC Boulder, CO.

UNCED (1992) Konferenzdokumente. United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro.

Verissimo A., Baretto P., Tarif R. and Uhl C. (1995) Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of Mahogany. Forest Ecology and Management, Vol. 72, pp. 39-60.

Walker R. and Homma A. K. O. (1996) Land-use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview. Ecological Economics, Vol. 18, pp. 67-80.

Walter H. und Brekle S.-W. (1992) Ökologie der Erde. Band 1 -Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. 2. überarbeitete Auflage. UTB Große Reihe. Fischer, Stuttgart.

WBGU (1993) Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch-Umweltbeziehungen, Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1993. Economica Verlag, Bonn.

WBGU (1994) Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1994. Economica Verlag, Bonn.

WBGU (1996) Welt im Wandel: Herausforderung für die deutsche Forschung. Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1996. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

WBGU (1997) Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1997. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

WBGU (1998) Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1998. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

WBGU (2000) Welt im Wandel: Erhalt und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung 1999. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

WCED (1987) Our Common Future (The Brundtland-Report). World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. Oxford, New York.

WRI (1996) World Resources 1996-97: A Guide to the Global Environment – Part I: The Urban Environment. World Resource Institute. http://www.wri.org/.

WRI (1997) The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on The Edge. World Resources Institute: Forest Frontier Initiative. http://www.wri.org/ffi/maps/.

WRI (1997a) Biodiversity Internet site. World Resources Institute. http://www.wri.org/

WRI (1998) Reefs at Risk: A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs. World Resources Institute http://www.wri.org/indictrs/reefrisk.htm.

Wunder S. (1997) From Dutch Disease to Deforestation - A Macroeconomic Link? A Case Study from Equador. CDR Working Paper 97.6, Oct. 1997. http://www.cdr.dk/.

WWF (1998) Living Planet Report 1998: Overconsumption is driving the rapid decline of the world’s natural environments. World Wide Fund for Nature, Gland, Switzerland. A Banson Production, London.

Zadeh L. A. (1965) Fuzzy Sets. Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353.

Zimmermann H.J. (1993) Prinzipien der Fuzzy Logic. Spektrum der Wissenschaft, Heft 3/1993, S.90-101.

12 Das Autorenteam

Dorothee Harenberg, harenberg@service-umweltbildung.de

Studienrätin, unterrichtete Chemie, Biologie und Philosophie in Berlin und ist seit 10 Jahren im Bereich Umweltbildung tätig. Im Rahmen des BLK-Programms „21“ koordiniert sie die Unterstützungs- und Beratungssysteme der Länder.

Dr. rer.nat Martin Andreas Cassel-Gintz, cassel@giub.unibe.ch

Studium der Geographie an der Freien Universität Berlin und der Wilfrid Laurier University in Waterloo, Ontario, Kanada (Abschluss "Masters of Arts in Geography"). 1995 bis 2001 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) in der Questions-Gruppe die das Syndromkonzept entwickelte. Bis Juni 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung "Globale Umweltveränderungen" (WBGU). Seit Juli 2002 wissenschaftlicher Koordinator im "NCCR North-South: Syndrome Mitigation" am Geographischen Institut der Universität Bern, Schweiz.

Programminformation

Das bundesweite BLK-Programm „21“ – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung und seine Koordinierungsstelle in Berlin

Das BLK-Programm „21“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), der Bund-Länder-Kommission (BLK) für Bildungsplanung und Forschungsförderung und den 15 beteiligten Bundesländern initiiert. An dem auf fünf Jahre angelegten Programm beteiligen sich seit 1999 rund 200 Schulen. Durch Kooperationen und Partnerschaften sind die Schulen in regionale und länderübergreifende Netze eingebunden, deren Zusammensetzung, Struktur und Arbeitsweise innerhalb des Programms ebenfalls gefördert und entwickelt wird. Ziel ist eine Erweiterung der Schulbildung, um die Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in der schulischen Regelpraxis zu verankern.

Das Programm hat dabei nicht allein den Transfer von Informationen zur Aufgabe, sondern auch, ganz im Sinne von sustainability – hier übersetzt mit Zukunftsfähigkeit –, die Entwicklung von Schlüsselqualifikationen, die unter dem Begriff der „Gestaltungskompetenz“ zusammengefasst wurden.
Der Erwerb von Gestaltungskompetenz für eine nachhaltige Entwicklung soll im BLK-Programm „21“ auf Basis von drei Unterrichts- und Organisationsprinzipien verwirklicht werden:

Interdisziplinäres Wissen knüpft an die Notwendigkeit „vernetzten Denkens“ an, das Schlüsselprinzip der Retinität, der Vernetzung von Natur und Kulturwelt und der Entwicklung entsprechender Problemlösungskompetenzen. Ziel ist u. a. die Etablierung solcher Inhalte und Arbeitsformen in die Curricula.

Partizipatives Lernen greift die zentrale Forderung der Agenda 21 nach Teilhabe aller gesellschaftlichen Gruppen am Prozess nachhaltiger Entwicklung auf. Dieses Prinzip verweist auf eine Förderung lerntechnischer und lernmethodischer Kompetenzen und verlangt eine Erweiterung schulischer Lernformen und -methoden.

Das Prinzip **Innovative Strukturen** geht davon aus, dass die Schule als Ganzheit bildungswirksam ist und Parallelen zu aktuellen schulischen Reformfeldern wie Schulprogrammentwicklung, Profilbildung, Öffnung der Schule usw. thematisiert.

Besonders die strukturelle Verankerung der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung kann als eine der Voraussetzungen für das strategische Ziel des Programms – *Integration in die Regelpraxis und Verstetigung* – gelten. Die Koordinierungsstelle für das gesamte Programm ist an der Freien Universität Berlin angesiedelt und übernimmt folgende Aufgaben:
Unterstützung und Beratung der Ländern, Herausgabe von Materialien, Angebot übergreifender Fortbildungen, Programmevaluation und Verbreitung der Programminhalte.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

FU Berlin; BLK-Programm „21“, Koordinierungsstelle
Arnimallee 9, 14195 Berlin
Tel. 030-838 52515
Fax 030-838 75494
Email info@blk21.de
www.blk21.de

Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen.