

**Teil I:**  
**Das Syndromkonzept**



# 1 Einleitung

## 1.1 Projektgenese

Ausgehend von der Erkenntnis, dass bloße Multidisziplinarität für eine Analyse des 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<sup>2</sup> werden typische, funktionale Muster problematischer Mensch-Umwelt-Interaktionen verstanden, die durch Kombinationen einzelner Trends und Teilaspekte des GW (Symptome<sup>3</sup>), 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. Um eine weitere Ausarbeitung und Umsetzung des Konzepts zu ermöglichen, wurde 1995 ein BMBF-gefördertes Forschungsprojekt am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung eingerichtet. Neben der Mitarbeit an den Jahresgutachten des Beirats, war es Ziel des Forschungsprojektes, die Syndromanalyse weiterzuentwickeln und zu einer eigenständigen Forschungsrichtung zu vertiefen. Die Erfolge in Bezug auf die Zuarbeit können in den Jahresgutachten (WBGU 1996, 1997, 1998, 2000) verfolgt werden, wo umfassende Syndromanalysen einen Kern der jeweiligen Betrachtungen des GW darstellen. Ein weiterer entscheidender Beitrag des Projektes ist jedoch die erfolgreiche und vielversprechende Fortentwicklung des Konzeptes zu einem integrierten, transdisziplinären Analyseinstrument für den GW.

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

---

<sup>2</sup> SYNDROME sind im folgenden durch Darstellung in KAPITÄLCHEN gekennzeichnet.

<sup>3</sup> *Symptome* sind im folgenden durch Darstellung in *Times New Roman kursiv* gekennzeichnet.

des derzeitigen Expertenwissens zu nicht-nachhaltigen Entwicklungen in der Zivilisation-Natur-Koevolution.

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 **endogen bestimmte Dynamik** angetrieben,

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

Vor diesem Hintergrund nimmt die vorliegende Dissertation eine interdisziplinäre systemorientierte Untersuchung eines sektoralen Problems des GW vor. Ausgehend von dem in der QUESTIONS-Arbeitsgruppe entwickelten Syndromkonzept soll eine Analyse der globalen Entwaldungsproblematik vorgenommen werden.

## 1.2 Der Globale Wandel

Die Menschheit hat im Laufe ihrer zivilisatorischen Entwicklung schon immer ihre Umwelt transformiert und ihren Bedürfnissen angepasst. War diese Einflussnahme früher auf die lokale Ebene beschränkt, so hat diese Umweltgestaltung 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 Modifikation der Umwelt durch den Menschen. Zum Ende des 20. Jahrhunderts zeigt sich deutlich, dass die Menschheit die Biosphäre seit den letzten 50 Jahren fundamental transformiert (Turner et al. 1990). Vor der anthropogenen Beeinflussung war die Änderung der gesamten Ökosphäre der Erde im Wesentlichen durch die natürliche systeminhärente Dynamik gesteuert (Schellnhuber & Kropp 1999). Ausnahmen bildeten exogenen Einflüsse wie etwa Asteroideneinschläge. Waren die wesentlichen Änderungen im Erdsystem bisher also mehr oder weniger komplett von der Evolution der Anthroposphäre - die eine eher vernachlässigbare Störung im Erdsystem bildete - entkoppelt, so haben sich mittlerweile die zivilisatorischen Einflüsse auf die globale Ökosphäre zu einer signifikanten Störgröße entwickelt. Der Mensch agiert nun in der Rolle eines Verursachers *und* Betroffenen von Veränderungen im Erdsystem. Im folgenden werden einige Elemente dieses Globalen Wandels kurz vorgestellt.

### Der anthropogen verstärkte Treibhauseffekt

Eines der wichtigsten Beispiele für den menschlichen Eingriff in die globale Ökosphäre ist die anthropogene Erhöhung des atmosphärischen CO<sub>2</sub>, einer der Schlüsselfaktoren in der globalen Klimadynamik. Messungen der CO<sub>2</sub> Konzentrationen der letzten 1000 Jahre mit Hilfe von Eisbohrkernen aus der Antarktis und Grönland, sowie von den verschiedenen globalen

CO<sub>2</sub> Messstation (z. B. Mauna Loa auf Hawaii seit 1958) weisen in diesem Jahrhundert einen starken Anstieg der CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre aus (IPCC<sup>4</sup> 1996). Mit Hilfe von Zeitreihen über die letzten 200 Jahre kann der schnelle parallele Anstieg der klimawirksamen Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und der Weltbevölkerung verdeutlicht werden (McEvedy & Jones 1978; ICWC 1998; Keeling et al. 1976; Etheridge et al. 1992, 1996; Machida et al. 1995). Der durchschnittliche jährliche Anstieg der CO<sub>2</sub> Emissionen über die letzte Dekade wird im „*Global Environmental Outlook 2000*“ (UNEP 1999) des *United Nations Environmental Programme* mit 1.3 % oder etwa 0.3 Gt CO<sub>2</sub> (= 10<sup>9</sup> t) pro Jahr angegeben.

Das CO<sub>2</sub> unterliegt einem komplexen Kreislauf von Austauschprozesse zwischen Atmosphäre, terrestrischer und mariner Biosphäre, Pedosphäre, Lithosphäre und den Ozeanen. Die jährlichen anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen werden auf etwa 7.1 ± 1.1 Gt C aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, der Zementproduktion und aus Landnutzungsänderungen geschätzt. Etwa 2.0 ± 0.8 Gt C dieser anthropogen verursachten CO<sub>2</sub> Emissionen werden von den Ozeanen aufgenommen, 1.3 ± 1.5 Gt C werden einem Vegetationsdüngungseffekt zugeschrieben, 0.5 ± 0.5 Gt C werden in der Biomassenzunahme durch das Waldwachstum in der nördlichen Hemisphäre gebunden und 3.3 ± 0.2 Gt C verbleiben als anthropogener Beitrag in der Atmosphäre (alle Zahlen bezogen das Referenzjahr 1990; IPCC 1996).

Zeitreihen für die treibhauswirksamen Gase CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> sowie die Abweichung von der mittleren Ortstemperatur aus dem Vostok Eisbohrkern (Abbildung 1) zeigen ein gutes Übereinstimmen der Veränderungen der wichtigsten Treibhausgase mit der Temperatur über die 4 letzten glazialen / interglazialen Klimazyklen (Petit et al. 1999). Aus den abgebildeten Zyklen ist ersichtlich, dass sich die CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre über die letzten 400 000 Jahre relativ stabil zwischen 200 und maximal 300 ppmv bewegt hat. Heute beträgt der CO<sub>2</sub> Anteil etwa 360 ppmv (IPCC 1996), was deutlich über den Maximalwerten der letzten 400 000 Jahre liegt. Dieser Wert liegt außerhalb des bisherigen Schwankungsbereichs der CO<sub>2</sub> Konzentrationen.

Aus verschiedenen Temperaturreihen lässt sich eine Erhöhung der globalen Mitteltemperatur feststellen (IPCC 1996). All diese Hinweise deutet darauf hin, dass auf Grund der anthropogen erzeugten Anreicherung langlebiger Treibhausgase in der Atmosphäre, ein Einfluss des Menschen auf das Klima besteht: *“The Balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate”* (IPCC 1996: 4). Diese Einschätzung der im IPCC zusammengefassten Fachwissenschaftler wird auch durch andere Veröffentlichungen gestützt (z. B. Kaufmann & Stern 1997; Hegerl et al. 1997).

Durch Kopplungsmechanismen zwischen Klima, den ozeanischen Zirkulationssystemen und der Dynamik der polaren Eismassen kann es durch diese möglicherweise anthropogen verursachte Erwärmung zu einer weiteren Störung des Klimasystems kommen, die ein Ausschalten des nordatlantischen Golfstroms und damit eine starke Abkühlung für Europa zur Folge haben kann (Rahmstorf 1995; WBGU 1996). Weitere regionale und globale Folgen, wie die prognostizierte Verschiebung von Klima- oder Vegetationsgürtel, der landwirtschaft-

---

<sup>4</sup> IPCC = *Intergovernmental Panel on Climate Change*

lichen Anbauzonen, der Anstieg des Meeresspiegels oder die verstärkte Entwicklung von Wetterextremen sind in ihrer Auswirkung auf Mensch und Natur noch weitgehend ungeklärt.

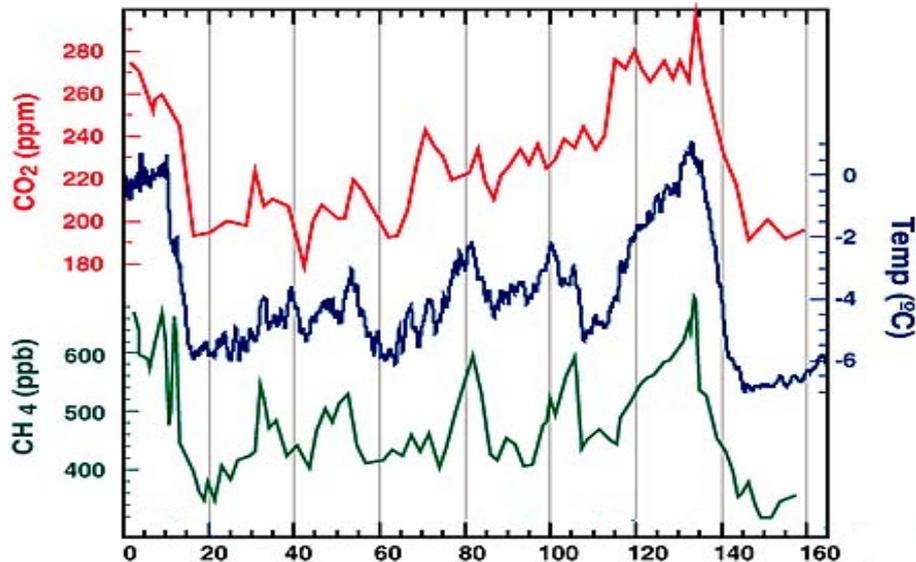


Abbildung 1: Zeitreihe der atmosphärischen CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> Konzentrationen sowie der Abweichung von der mittleren Ortstemperatur über die letzten 400 000 aus den Daten des Vostok Eisbohrkerns (nach Petit et. al 1999).

### Die anthropogen verursachte Bodendegradation

Die Böden der Erde weisen in vielen Ländern bereits heute mittlere bis schwere Schädigungen auf (Oldeman et al. 1990; Abbildung 2). Bis 1990 haben unangepasste Landwirtschaftspraktiken zu einer Degradation von 562 Mio. ha beigetragen, dies entspricht etwa 38 % der gesamten Landwirtschaftsfläche von etwa 1.5 Milliarden ha (Oldeman 1994).

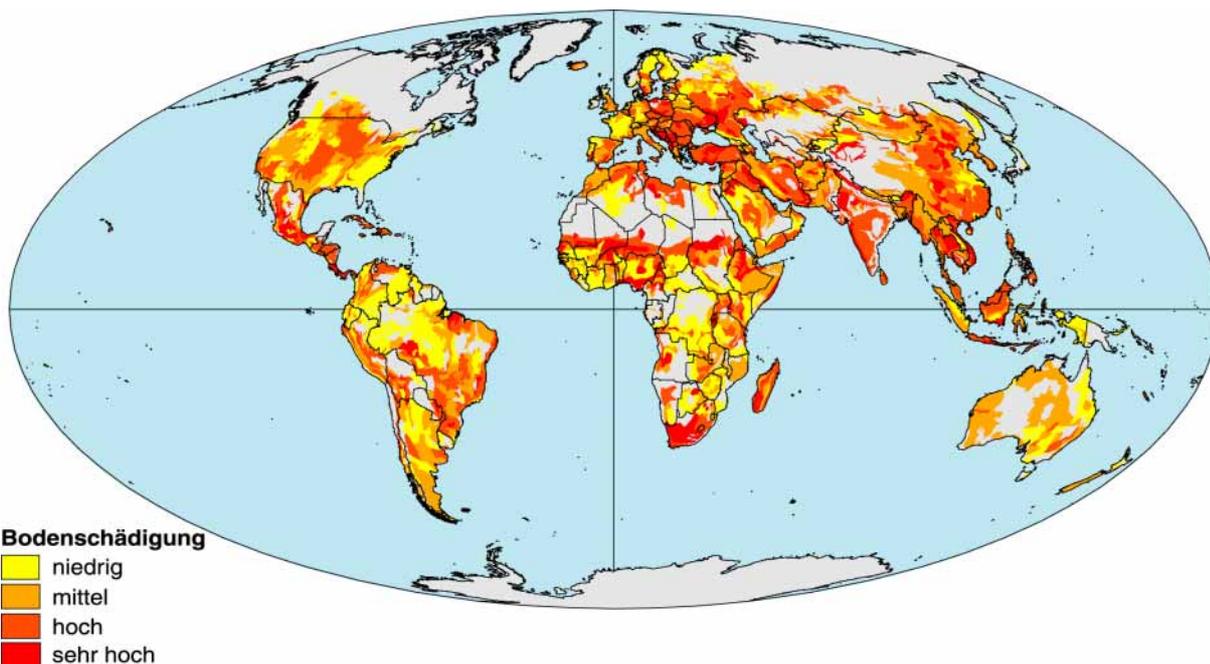


Abbildung 2: Zustand der anthropogenen Bodendegradation nach einer globalen Expertenabschätzung von 1990 - GLASOD (Oldeman et al. 1990).

Ein großer Teil wurde dabei so geschädigt, dass er nicht weiter landwirtschaftlich nutzbar ist. Seit dem 2. Weltkrieg wurden weltweit fast 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche aufgegeben (Lal & Stewart 1990). In der letzten Dekade gingen jährlich weitere 5 - 6 Mio. ha durch starke Bodendegradation verloren (UNEP 1997). Vor allem die Rolle der rasch wachsenden Weltbevölkerung und ihre wirtschaftlichen Aktivitäten, in deren Folge Übernutzungen und Umgestaltungen von Pflanzendecken, Verdichtungen und Versiegelungen von Böden sowie Belastungen durch toxische organische und anorganische Stoffe auftreten, werden immer wieder hervorgehoben (WBGU 1994). Diese großräumigen Bodendegradationen bedeuten Zerstörung menschlicher Lebensgrundlagen (Pimentel 1997) und sind damit auch Auslöser für Hunger (Lachenmann 1992) und Migration (UNRISD 1994). Es wird sogar diskutiert, dass die Verschlechterung der Lebensgrundlage zu gewalttätigen Konflikten führen kann (Homer-Dixon 1999; Bächler et. al 1996; Biermann et. al 1998).

### **Die anthropogen verursachte Süßwasserverknappung**

Die Verknappung und Verschmutzung von Süßwasser stellt ein weiteres Kernproblem des GW dar. Der anthropogene Einfluss besteht hier in der lokalen und regionalen Übernutzung der Süßwasservorräte durch Aktivitäten wie Bewässerungslandwirtschaft, Industrialisierung sowie Verstädterung. Beispiele sind die Übernutzung des Ogallala-Aquifers in den USA (Brown & Halweil 1999), des Disi-Aquifers in Jordanien und Saudi Arabien, die Nutzung fossiler Grundwasservorkommen in Libyen und Yemen. Weitere Beispiele sind Indien, wo die Grundwasserentnahme den doppelten Wert der Aquiferauffüllung durch Niederschläge erreicht hat, und China, wo der Grundwasserspiegel in der wichtigsten Anbauregion um 1.5 m gefallen ist (Brown & Halweil 1999). Ein weiteres Problem stellt die Wasserleitungen für große Bewässerungsprojekte dar, die z. B. zur Austrocknung des Aralsees oder der Everglades in Florida führen. Die Salzwasserintrusionen in Deltas und Küstenaquifere in Folge der Übernutzung von Grund- und Oberflächengewässern, wie z. B. in Israel, China, Vietnam oder dem Golf von Kalifornien, sowie Verluste im Leitungsnetz, in der Bewässerung (Verdunstung) und in der Produktion stellen ebenfalls wesentliche Faktoren für Wasserverknappung dar. Die aus der zunehmende Wasserknappheit und Wasserverschmutzung entstehenden ökonomischen, sozialen und politischen Konflikte um die knapper werdende Ressource Wasser werden vor allem im 21. Jahrh. globale Auswirkungen haben (WRI 1997; WBGU 1997). Die Errichtung großer Süßwasserreservoirs hat sich bisher nur bedingt als Lösung bewährt. Das derzeit in Staudämmen vorhandene Volumen an Süßwasser übersteigt das Volumen in allen Flüssen der Erde um das 5-fache (Chao 1995). Diese großen Veränderungen im hydrologischen Kreislauf führen zur Änderung der Transpiration und des Grundwasserspiegels. Zusätzlich haben sich viele der Reservoirs, vor allem in tropischen Regionen, als große Gesundheitsgefahren herausgestellt (z. B. Malaria, Schistosomiasis, etc.; siehe Martens et al. 1994; Martens 1995; Burchard et al. 1996; WHO 1996; WCD 2000).

### **Der anthropogen verursachte Biodiversitätsverlust**

Die Rate des anthropogen verursachten Artensterbens wird derzeit auf etwa 1 – 5 % pro Dekade geschätzt (McNeely et al. 1995; Reid et al. 1992). Nutzungsänderungen auf großen

Flächen der Erde, wie die Rodung von Wäldern, die Umwandlung von Weiden in Ackerland, der Verlust von Feuchtgebieten usw., sind Gründe für den Verlust von Ökosystemen, das Artensterben und den Schwund des weltweiten Genpools. So ist etwa die Hälfte der globalen Waldbedeckung durch den Menschen entfernt worden, wobei ein Großteil dieser Entwaldung in den letzten 30 Jahren geschah (WRI 1997). Das Verschwinden von alten Kulturpflanzenarten und Nutztierassen stellt eine möglichen Gefährdung der Ernährungsgrundlagen der Menschheit dar (WBGU 1996). Viele Eigenschaften dieser alten Kulturpflanzenarten, wie z. B. Trockenresistenz oder Resistenz gegenüber Schädlingen, stellen wichtige genetische Ressourcen für eine mögliche zweite „Grüne Revolution“ dar. Neben dem Verlust potenziell nutzbarer Arten oder Naturstoffen sind durch Landnutzungsänderungen vor allem die globalen Stoffkreisläufe (siehe auch Kapitel 4) und die internen Regelungsfunktionen von Ökosystemen gefährdet.

### **Naturkatastrophen**

Hierunter werden neben Erdbeben und Vulkanausbrüchen auch klimatische Ereignisse eingeordnet. Mittel- bis längerfristige Wetterereignisse, wie Trockenheit durch zu wenig Niederschlag und / oder zu hohe Temperaturen, sowie singuläre Extremwetterereignisse, wie Stürme oder Starkniederschlagsereignisse, können den atmosphärischen Naturkatastrophen zugerechnet werden. Mit Blick auf die häufigen extremen Wetterereignisse der letzten Dekade wird derzeit diskutiert ob eine signifikante Zunahme an Anzahl und Stärke festgestellt werden kann (WMO 1997). Hinweise deuten darauf hin, dass sich der Einfluss einer anthropogen verursachten Klimaänderung auf Extremwetterlagen manifestiert (Gerstengarbe, pers. Mitteilung). Gerade im Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen kann es, bedingt durch anthropogene Landnutzungsänderungen, zu Überschwemmungen oder Lawinen kommen. Die verschiedenen Formen der Naturkatastrophen können zu einem steigenden Migrationdruck von Umweltflüchtlingen führen, von dem erwartet wird, dass er im 21. Jahrh. weite Teile der Völkergemeinschaft betreffen könnte.

### **Die Bevölkerungsentwicklung**

Als eines der größten Probleme für das 21. Jahrh. wird die globale Bevölkerungsentwicklung und -verteilung in Entwicklungs- und Schwellenländern genannt (UNEP 1999; Brown et al. 1999). In diesen Ländern hohen Wachstums werden als Ursachen für das Bevölkerungswachstum (Abbildung 3) verschieden Aspekte der Unterentwicklung angeführt, wie ungenügende soziale Sicherungssysteme, ein geringes Bildungsniveau, sowie die soziale Ausgrenzung großer Teile der Bevölkerung dieser Länder (Nisbet 1994; WBGU 1993ff; Birk 1996; u.v.a.). Verstärkt wird die problematische Bevölkerungsverteilung durch Landflucht sowie intra- und internationale Migrationsbewegungen, die, besonders in den Küstengebieten der Entwicklungs- und Schwellenländer, zu einem schnellen urbanen Wachstum führen (WBGU 1997; Kropp 1999). Die städtische Infrastruktur, Energie, Wasser, Verkehr, soziale Dienste usw., können vielerorts mit diesem Wachstum nicht mithalten. Hierdurch induzierte Umwelt- und Armutprobleme (Ausbreitung von Krankheiten, soziale Unruhen), erlangen mehr und mehr eine globale Bedeutung.

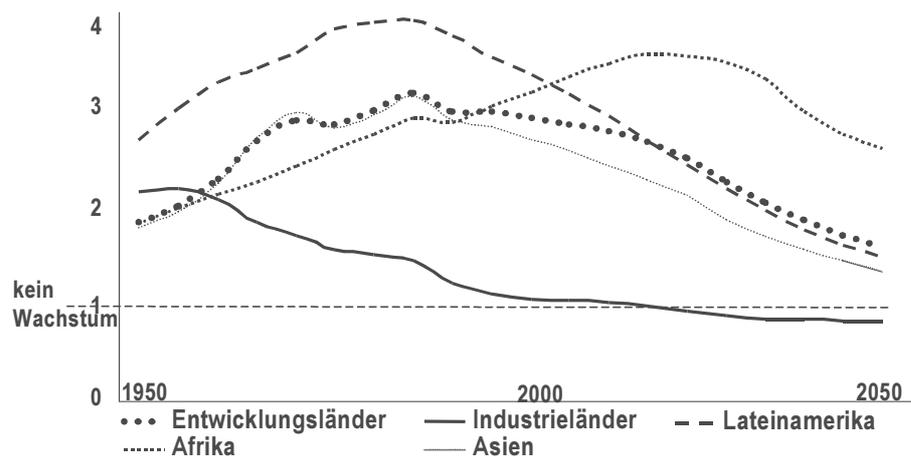


Abbildung 3: Prognostiziertes Bevölkerungswachstum nach Regionen bis 2050 (UN 1996)

### Die Übernutzung und Verschmutzung der Weltmeere

Die Ozeane erfüllen wichtige ökologische und klimatische Funktionen und sind eine bedeutende Nahrungsquelle, aber auch Senke für anthropogene Abfälle. Produktive Fischereiwirtschaften können in Kombination von zur Überfischung führenden ökonomischem Druck und sich verändernden Umweltbedingungen, wie ein sich änderndes Klima oder steigende Verschmutzung, zusammenbrechen (Glantz & Feingold 1992). Da bereits die meisten Fanggebiete vollständig genutzt oder sogar übernutzt werden (IPCC 1996), ist davon auszugehen, dass mit der wachsenden Verschmutzung, insbesondere der Küstenregionen und Randmeere die die Hauptaufzuchtgebiete vieler Fischarten beherbergen, sowie unter sich ändernden Klimabedingungen, eine ernsthafte Bedrohungen der Ernährungssicherheit der Menschheit besteht. Die globale Überfischung wird als eine bedeutende Bedrohung der aquatischen Ökosysteme angesehen (FAO 1998; WWF 1998; Morse 1998).

### Die Gefährdung der Welternährung und Weltgesundheit

Die umweltbedingte Gefährdung von Welternährung und Weltgesundheit stellen große Probleme dar. Große Teile der Menschheit sind fehl- bzw. unterernährt. Derzeit sind etwa 1.1 Milliarde Menschen unterernährt und paradoxerweise etwa die gleiche Anzahl übergewichtig (WW 2000), was das globale Ungleichgewicht in der Verteilung der Nahrungsmittel und Güter aufzeigt. Nach Schätzungen der Weltbank kostete Hunger den indischen Staat 1996 zwischen 3 bis 12 % seines Bruttosozialprodukts (BSP; ~ 28 Milliarden US \$). Demgegenüber werden die Kosten der Überernährung für das US-amerikanische Gesundheitssystem Ende der 90er Jahre mit etwa 12 % des US - BSP (~ 118 Milliarden US \$) angesetzt. Die auf Grund einer steigenden Bevölkerung notwendige Steigerung der Nahrungsmittelproduktion wird in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern (Abbildung 3) durch Bodendegradation und Wasserknappheit, die sich sowohl als fehlendes sauberes Trinkwasser oder als fehlendes Wasser für die Bewässerungslandwirtschaft manifestiert, zunehmend erschwert. Die Verschmutzung des Trinkwassers und die mangelhafte Abwasserbehandlung führen zusätzlich in vielen Ländern der Erde zu vermehrtem Auftreten von Infektionskrankheiten und Seuchen (Morse 1995). Angesichts der wachsenden globalen

Mobilität steigt auch die Gefahr einer schnellen Ausbreitung dieser Seuchen. Entscheidend beteiligt an diesen Entwicklungen ist auch eine fehlgeleitete Wirtschafts- und Entwicklungspolitik mit einer Förderung der Produktion von kapital- und ressourcenintensiven „cash crops“ gegenüber einer gesicherten Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung. Dieser Prozess verstärkt die Abhängigkeit der Entwicklungsländer von „high yield crop varieties“ (Hohertragsorten) und den dafür benötigten Düngern und Pestiziden, was zu einer weiteren Ausdehnung der Vormachtstellung der Länder des Nordens als bestimmende Größe der internationalen Märkte führt. Doch nicht nur in den Entwicklungs- und Schwellenländern besteht ein erhebliches Gesundheitsrisiko durch Umweltverschmutzung und Pestizid- und Herbizideinsatz. Die industrielle Verschmutzung in den Industrie- und Ballungsräumen der Industrienationen des Nordens sowie die stark behandelten Nahrungsmittel, stellen eine erhebliche Gefahr für die Gesundheit in diesen Regionen dar (Belitz et al. 1992). Als Beispiele für industrielle Kontamination der Umwelt können die Luftverschmutzung in der Region um Norilsk und die dadurch hervorgerufene dramatische Verringerung der Lebenserwartung der regionalen Bevölkerung (Pearce 1993), oder aber auch die hohe Grundwasserkontamination im ehemaligen Chemieraum Bitterfeld, die mit einem steigenden Grundwasserspiegel nach Beendigung des Braunkohletagebaus wieder eine hohe Aktualität erreichen, genannt werden.

### **Die globalen Entwicklungsdisparitäten**

Eine der bedeutensten globalen Entwicklungen der letzten Dekaden stellt die Globalisierung der Märkte dar. Dieser vielschichtige Begriff (vgl. Beck 1997) umfasst die Transformation der räumlichen Organisation der internationalen Beziehungen und Transaktionen, hinsichtlich ihrer Ausdehnung, Intensität, Geschwindigkeit und Auswirkungen auf soziale und natürliche Systeme. Dieser Prozess führt zu transnationalen oder auch globalen Güterströmen, Interaktionen und Machtbeziehungen (Held et al. 1999). Ob Globalisierung eher zu einem Überwiegen positiver (Ohmae 1995) oder eher negativer Folgen (Martin & Schumann 1997) führt ist umstritten. Als Faktum kann allerdings angenommen werden, dass die Entwicklungsdisparitäten, also die strukturellen Ungleichgewichte zwischen Industrie- und Entwicklungsländern (Abbildung 4), in den letzten Jahrzehnten nicht ab-, sondern zugenommen haben (UN 1997; WBGU 1996). Die Umweltauswirkungen der Globalisierung sind umstritten. Ein erhöhtes wirtschaftliches Aktivitätsniveau kann, zumal verstärkt durch Bevölkerungswachstum, zu einer Erhöhung des Flächen-, Ressourcen- und Energieverbrauchs sowie einem Anstieg in umweltbelastenden Emissionen führen. Die Handlungsspielräume nationaler Politik können insbesondere im Falle von Entwicklungsländern eingeengt werden und im internationalen Standortwettbewerb zu einer Verschlechterung des nationalen Umweltzustands führen (WBGU 1996). Ein anderer Argumentationsstrang schreibt der Internationalisierung der Umweltpolitik als Teil der Globalisierung eine Umweltqualitätsverbesserung in den Entwicklungsländern zu. Die Liberalisierung von Investitions- und Handelsströmen kann den Druck auf Regierungen zu einer Effizienzsteigerung des politischen Systems erhöhen. Die kann als Folge zu einer Verminderung von korruptionsbedingten Umweltschädigungen führen. Diese Beispiele verdeutlichen die durchaus duale Natur des Globalisierungstrends. Bisher sind allerdings die Mehrzahl der Entwicklungsländer, insbesondere in Afrika, dennoch sehr arm geblieben. Gerade dort stellen der Verlust sozialer Sicherheit durch Verarmung

oder zunehmenden nationalen Disparitäten, mit den davon oft hervorgerufenen Migrationsprozessen, ein erhebliches Problem dar. Dieses „*Entwicklungsdilemma*“ hat einen bedeutenden Stellenwert im GW und stellt über armutsbedingte Konflikte ein ernstzunehmendes Risiko für die weitere menschliche Entwicklung dar (Bächler 1994).

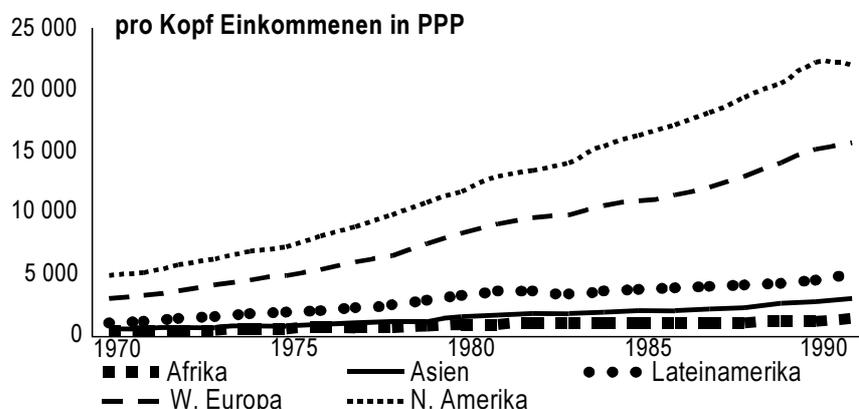


Abbildung 4: Pro Kopf Einkommen nach Regionen in PPP \$ (Purchasing Power Parity) 1970 - 91 (U.N. 1997: 58).

Neben diesen problematischen Entwicklungen dürfen aber auch die positiv zu bewertenden Entwicklungen des GW nicht unerwähnt bleiben. Solche positiven Beispiele sind die Zunahme an internationaler Zusammenarbeit in der Bekämpfung von Entwicklungsproblemen, die internationale Entwicklungshilfe, sowie die Verabschiedung und Umsetzung internationaler Abkommen zum Schutz der Umwelt. Gerade auf dem Gebiet der internationalen Umweltschutzabkommen sind einige erfolgreiche Entwicklungen zustande gekommen. So wird das Montrealer Abkommen zum Schutz der Ozonschicht als eines der bisher erfolgreichsten internationalen Umweltabkommen eingestuft (Oberthür 1997; WBGU 1996).

Diese Beispiele dokumentieren, dass sich der GW aus einer Vielzahl von Einzelphänomenen naturräumlicher und sozioökonomischer Art zusammensetzt, die eng miteinander verwoben sind. Letzteres bedeutet, dass die verschiedenen Phänomene der Mensch-Natur-Koevolution vielfach wechselseitig voneinander abhängig sind, bzw. sich gegenseitig bedingen. Der GW stellt daher in seiner Gesamtheit ein sehr komplexes System dynamischer Entwicklungen der Mensch-Umwelt-Interaktion 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.

### 1.3 Die Notwendigkeit für einen neuen Zugang zur Analyse der Prozesse des Globalen Wandels

Die komplexe Phänomenologie des GW stellt nicht nur die „*Weltgesellschaft*“ vor eine Reihe von praktischen Kernproblemen, sondern auch das „*System Wissenschaft*“ vor neue theoretische Herausforderungen (Reusswig & Schellnhuber 1997). Dieses System ist bisher hauptsächlich disziplinär orientiert und auf die Bearbeitung eher sektoraler Problemlagen spezialisiert. Es weist aus historischen, methodischen und organisatorischen Gründen eine gewisse

Trägheit gegenüber neuen Herausforderungen auf. Die „traditionelle“ Herangehensweise besteht im Wesentlichen aus dem selektiven Aufgreifen einzelner Fragen, die mit den Standardmethoden der beteiligten Wissenschaftsdisziplin bearbeitet werden. Auf diese Art entsteht im Allgemeinen ein eher additiver Wissensfortschritt. Im Falle des GW und seiner vielfältigen problematischen Entwicklungen steht unser Wissenschaftssystem vor grundlegend neuen Problemlagen, die auch nach neuen methodischen und organisatorischen Antworten verlangen. Die aktuelle Gefährdung einer global nachhaltigen Entwicklung stellt, so die wissenschaftstheoretisch Grundannahme dieser Arbeit, kein leicht eingrenzbare und disziplinär bearbeitbares Teilproblem dar, sondern fordert einen übergreifenden Denkansatz, der alle Teile des überkommenen Wissens- und Wissenschaftssystems beinhalten muss.

Anders als die durch den Menschen hervorgerufenen lokalen und regionalen Umweltveränderungen früherer Jahrhunderte sind die seit wenigen Jahrzehnten sichtbar gewordenen globalen Umweltveränderungen gänzlich anders charakterisiert. Aus einfachen, lokalen und zeitlich begrenzten Umweltschädigungen sind komplexe, globale und zeitlich verzögerte Veränderungen des Erdsystems geworden, die sich zudem vielfach überlagern und wechselseitig beeinflussen und bedingen. Hieraus erwächst die Notwendigkeit zur integrierten Ursachenforschung, um Folgeschäden zu vermeiden oder doch wenigstens zu minimieren.

Den im Rahmen der Erforschung der Problemlagen des GW im Vordergrund stehenden Naturwissenschaften ist die genaue Beantwortung der Frage nach den Ursachen der globalen Umweltveränderungen bisher nicht gelungen. Bisweilen scheint dort sogar das Verständnis für die Sinnhaftigkeit der Frage nach den Ursachen zu fehlen. So kommt etwa die Erforschung der Atmosphärenchemie im Kontext von Klimaänderungen gänzlich ohne die Sozialwissenschaften aus. Um den zusätzlichen Treibhauseffekt von 5 % mehr CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre berechnen zu können, braucht es in der Tat keine Psychologie, Soziologie oder Ökonomie. Jedoch zu einer Abschätzung der gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels, in physischen, monetären oder sonstigen Größen, oder aber auch bei der Ursachenfrage und in der Diskussion über geeignete Gegen- oder Minderungsmaßnahmen ist die Einbeziehung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften unabkömmlich. Diese Erkenntnis der Notwendigkeit einer Integration von natur- und sozialwissenschaftlichem Wissen setzt sich vermehrt in der internationalen „*Scientific Community*“ durch, was durch das Entstehen neuer internationaler Forschungsvorhaben wie *Land Use and Land Cover Change* (LUCC, gemeinsames Projekt von IHDP<sup>5</sup> und IGBP<sup>6</sup>) erkennbar wird. Es erweist sich allerdings, dass die hierfür benötigte Variante einer Interdisziplinarität zwischen den Sozial- und Naturwissenschaften - sie wird neuerdings in der wissenschaftlichen Methodendebatte auch als *Transdisziplinarität* bezeichnet - nur schwer in der Praxis der Umweltforschung umsetzbar ist. Mehr als eine für einige Probleme nur bedingt ausreichende für andere aber völlig unzureichende, eher additive und nachträgliche Interdisziplinarität wird bisher selten erreicht (Fränkle & Daschkeit 1997). Dies weist auf die Erfordernis einer engen Vernetzung der Forschung bereits auf der Ebene einer gemeinsamen Problembeschreibung und -definition sowie auf die Notwendig-

---

<sup>5</sup> IHDP International Human Dimensions Programme

<sup>6</sup> IGBP International Global Biosphere Programme

keit einer disziplinenübergreifenden Theoriesprache hin. Ohne einen solchen Ansatz besteht wenig Aussicht auf Synergieeffekte für die Ergebnisse, die den Informations- und Innovationsgehalt der Einzeldisziplinen übersteigen können. Genau diese Entwicklung hin zu disziplinenübergreifenden Analysen ist aber erforderlich, um der Komplexität globaler Umweltveränderungen Rechnung zu tragen. Ein Schritt in diese Richtung wird mit dem neuen Zugang über das Syndromkonzept versucht, indem von Anfang an die problemorientierte Transdisziplinarität für die Erforschung des GW gewährleistet wird. Dieser Ansatz bildet die wesentliche methodische Grundlage für diese Arbeit. Diese prinzipielle Herangehensweise wird nicht nur national (WBGU 1996) sondern auch international als ein vielversprechender Ansatz zur Beschreibung der Probleme des GW gesehen. So schlägt die Konferenz der Schweizerischen Wissenschaftlichen Akademien das Syndromkonzept als Methode zur schweizerischen Forschung zum GW vor (CASS 1997) und das amerikanische „*National Research Council*“ lobt das Syndromkonzept als einen verfolgungswerten und erfolgsversprechenden Ansatz in der Nachhaltigkeitsforschung (NRC 1999: 285).

Eine wichtige Voraussetzung für die Prognose von Richtung und Charakter der Prozesse des GW ist nicht nur die Identifikation und Bewertung der einzelnen Teilphänomene, sondern auch das Verständnis des Systems und seiner inneren Zusammenhänge und Wechselwirkungen. Die Analyse einzelner Ursache-Wirkungsketten erscheint in diesem Zusammenhang nur wenig geeignet. Bedingt durch oftmals zyklische Kausalitäten oder auftretende Synergieeffekte, welche eine klare Zuordnung von einzelnen Ursache zu ihren Wirkungen erschweren, ist eine Analyse des Gesamtsystems zum Verständnis der komplexen, dynamischen Zusammenhänge des GW notwendig (Abbildung 5).

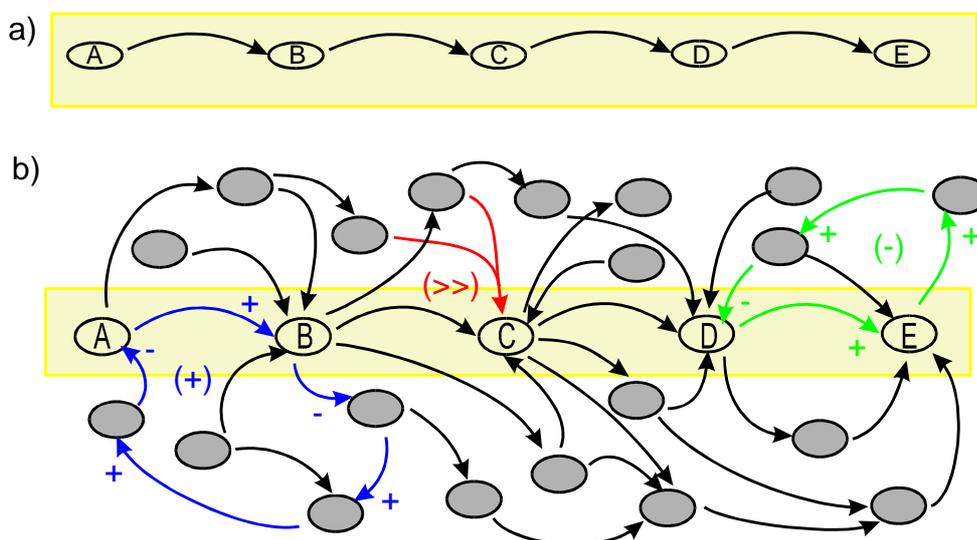


Abbildung 5: a) simplifizierte Vorstellung von *Ursache-Wirkungsketten* der Art: A verursacht B verursacht C, etc.; b) eher der Realität angenäherte Darstellung von komplexen *Ursache-Wirkungsnetzen* mit synergistischen Effekten (>>), sowie positiven (+) und negativen (-) Rückkopplungsmechanismen.

Jede Forschung zum GW ist mit zwei prinzipiellen Problemen konfrontiert. Zum einen erzwingt die Untersuchung des Erdsystems einen *integrativen Ansatz*, da die Interaktionen im

System 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. Es ist vor allem die Schwierigkeit der *Integration* dieser Aspekte, die für das Fehlen ausreichend fundierter Systembetrachtungen verantwortlich ist. Die traditionellen Ansätze mit weitgehend unabhängigen Wissenschaftsdisziplinen die sich jeweils mit ihrem disziplinären 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 eingeeengte Teilaspekte des Erdsystems begrenzen und so die Komplexität auf ein behandelbares Maß reduzieren. Beispiele hierfür werden in Kapitel 2 dieser Arbeit vorgestellt. 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 in absehbarer Zeit eher bezweifelt werden.

## 1.4 Nachhaltige Entwicklung

Seitdem die Bilder des Apollo-Programms um die Welt gingen und 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 Erdsystems 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 (z. B. Meteosat-Satelliten die für Wetterbeobachtungen, das auf Satelliten und Computerprogramme gestützte *Early Famine Warning System* für Afrika). Die Mehrzahl dieser Beobachtungen und Messungen kommen zusammen mit den Resultaten von Simulationen zum Ergebnis, dass sich die natürlichen Erdsystem-Kompartimente 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 Resource 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*“<sup>7</sup> 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) in der 1713 erschienenen „*Sylvicultura Oeconomica. Die Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*“ formuliert wurde (DIE ZEIT 1999: 98). Ein Hauptthema für die wirtschaftliche Entwicklung Sachsens in der 2. Hälfte des 17. Jahrhunderts war der akute Holzbedarf. 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 bedroht. 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 zu einem „*pflughen*“ Umgang mit der Ressource Holz, so dass „*eine Gleichheit zwischen An- und Zuwachs und dem Abtrieb des Holzes erfolget*“ und die Nutzung „*immerwährend*“, „*continuirlich*“ und „*perpetuirlich*“ erfolgen kann. Über diesen auf die Ressource Holz 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. Nach seiner Vorstellung soll die Ökonomie nicht nur der Wohlfahrt des Gemeinwesens dienen, sondern ist vor allem auch dem schonenden Umgang mit der Natur und der Verantwortung für künftige Generationen verpflichtet. 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<sup>8</sup>). Dieser Leitsatz der deutschen Forstwissenschaft erlangte im Laufe des 20. Jahrhunderts eine weltweite Geltung und wurden im übertragenen

---

<sup>7</sup> Im Folgenden wird „*Sustainable Development*“ mit dem Begriff „*Nachhaltige Entwicklung*“ übersetzt, der in Deutschland die häufigste Verbreitung gefunden hat. Diese Übersetzung gibt den Inhalt des Konzeptes nur unvollkommen wieder. Andere denkbare Übersetzungen wären: „*Zukunftsfähige Entwicklung*“, „*Dauerhafte Entwicklung*“ oder „*Aufrechterhaltbarer Fortschritt*“.

<sup>8</sup> Dierkes bezeichnet es als „*magisches Dreieck einer nachhaltigen zukunftsverträglichen Entwicklung*“.

Sinne, in den 70er Jahren in der Debatte um die „*Grenzen des Wachstums*“ (Meadows et al. 1972, 1992) und im Brundtland-Report (WCED 1987) wieder aufgenommen.

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, sowie dortige Referenzen):

- 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*.

Eine der entscheidenden Erkenntnisse der letzten Dekade ist die Untrennbarkeit der Problemlagen im GW. So stellt die Kommission für Umwelt und Entwicklung fest: „*Es gibt keine Umweltkrise, keine Entwicklungskrise und keine Energiekrise - sie sind alle Teil einer einzigen Krise*“ (WCED 1987:4). Diese enge Verknüpfung der einzelnen Elemente der „*globalen Krise*“ birgt allerdings die Gefahr, im Rahmen der Lösung eines Problems ein anderes so zu verschlimmern, dass eine Lösung unmöglich wird. Ein einfaches Beispiel hierfür ist die globale Süßwasserverknappung: Nutzt man die verfügbaren Wasserressourcen für eine Intensivierung der Landwirtschaft zur möglichen Sicherung der Nahrungsmittelversorgung, so schließt dies die Verwendung des Wassers für die Trinkwasserversorgung aus, was zu Gesundheitsproblemen führen kann. Dies deutet auf versteckte Ausschlussmechanismen im Wirkungskomplex des GW hin, welche bei der Herstellung der „*Nachhaltigkeit*“ in einem Subsystem, eine gleichzeitige Verletzung der Nachhaltigkeit in anderen Subsystemen bedingen können (Rotmans 1998). Es gilt also diese „*eine Krise*“ – den „*Globalen Wandel*“ - in ihren wesentlichen Wirkungsmechanismen zu erfassen und zu beschreiben.

Historisch betrachtet ist ein wesentlicher Schritt in Richtung einer Verknüpfung der Umweltproblematik mit der Entwicklungsfrage in der Erklärung von Cocoyok (1974) zu finden (Harborth 1993), in der die Existenz armutsbedingten Bevölkerungswachstums *und* armutsbedingter Umweltbelastung erstmals explizit genannt wurde. Das Ziel einer nachholenden Entwicklung der Länder des Südens wird vor allem seit dem ersten Bericht des „*Club of Rome*“ (Meadows et al. 1972) kontrovers diskutiert. Eine globale Anpassung des Lebensstandards an das Wohlstandsniveau der entwickelten Länder wäre, durch den damit verbundenen Ressourcenverbrauch, mit untragbaren ökologischen Schädigungen der natürlichen Lebensgrundlagen für die gesamte Weltbevölkerung verbunden. Auf Grund dieser Feststellung geriet der „*Naturverbrauch*“ des Nordens selbst in die Kritik. Diese Problematik eines „*oligarchischen Wohlstandsniveaus*“ (Harrod 1958) verlangte nach neuen Konzepten einer „*einträglichen Entwicklung von Mensch und Natur*“, wie sie dann erstmals im Brundt-

land-Bericht skizziert wurden. Seit der Rio-Konferenz stellt das Konzept der „*Nachhaltigen Entwicklung*“ eines der Hauptschlagwörter der Umweltdiskussion dar und ist in der internationalen politischen Debatte zum Thema „*Umwelt und Entwicklung*“ (U & E) nicht mehr wegzudenken. Das „*Committee for Sustainable Development*“ (CSD), sowie zahlreiche Kommissionen und Beiräte auf nationaler Ebene, wie in Deutschland zum Beispiel die Enquete Kommission „*Schutz der Erdatmosphäre*“ des Deutschen Bundestages, der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) oder der WBGU, sind Beispiele für entsprechende Initiativen in dieser Debatte. Bisher finden sich allerdings nur wenige überzeugende Ansätze für eine Operationalisierung des Konzepts, was unter anderem auch auf die disziplinäre Ausrichtung der Bearbeitung der per definitionem transsektoralen und transdisziplinären Problemstellung zurück zu führen ist. Die disziplinäre Ausrichtung erzeugt ein Dilemma, da Fragen wie z. B.:

- Was heißt Entwicklung?
- Welche Grenzwerte für die Belastung unserer Umwelt sind einzuhalten?
- Wie groß ist der zu erhaltenden Grundstock an natürlichen Ressourcen?

beantwortet werden müssen, aber eben nicht durch die jeweilige Disziplin alleine gelöst werden können. Ein pragmatischer Ausweg aus diesem Umstand wurde inzwischen in zahlreichen Länderstudien gesucht. In einer eher heuristischen Vorgehensweise werden Wege zum Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung aufgezeigt, so etwa mit den Studien „*Sustainable Netherlands*“ (ISÖ 1994) und „*Zukunftsfähiges Deutschland*“ des Wuppertal-Instituts (BUND 1996). Im Gegensatz dazu, versucht die Syndromanalyse sich dem Problemfeld von vorneherein von einer interdisziplinären, systemtheoretischen Warte zu nähern und daher diese Dilemmasituation von Beginn an zu vermeiden.

Aus übergeordneten Überlegungen zum Umgang mit komplexen, intransparenten unsicheren Systemen (Dörner 1993, Schellnhuber 1998) lassen sich zwei konzeptuell grundsätzlich unterschiedliche Herangehensweise an den Nachhaltigkeitsbegriff ableiten. Die Mehrzahl der verschiedenen Operationalisierungsversuche für eine „*Nachhaltige Entwicklung*“ versucht eine positive Zieldefinition vorzunehmen. Dieses durch anthropogene Steuerung der Koevolution anzustrebende positive Leitbild verlangt die relativ genaue Festlegung des zu wählenden Entwicklungspfad und ein umfassendes Systemverständnis der Mensch-Natur-Koevolution. Die positive 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 in der Koevolution zu vermeiden gilt.

Beide Herangehensweisen sind im Wesentlichen normative Wertentscheidungen. Der Weg der Vermeidung nicht akzeptabler Systemzustände, oder auch das „*Konzept eines akzeptablen Entwicklungskorridors*“, verlangt eine Begründung dafür, warum der

gegenwärtig eingeschlagene Entwicklungspfad nicht auf Dauer akzeptabel ist<sup>9</sup>, was zwei Fragestellungen aufwirft, wovon die Eine von Seiten einer gesellschaftlich zu führenden Wertediskussion zu beantworten ist und die Andere ein Wissenschaftssystem erfordert, das die Analyse und Diagnostik dessen was ist betreibt:

- 1) Welche ethischen, politisch-gesellschaftlichen oder auch ökologischen Grundwerte sind durch den gegenwärtig zu beobachtenden GW bedroht?
- 2) Welche Zusammenhänge bestimmen den eingeschlagenen Entwicklungspfad in seiner dynamischen Entwicklung?

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 hier vorgeschlagene Weg eines akzeptablen Entwicklungskorridors als der gangbarere Weg gegenüber dem Versuch ein positives Leitbild zu erreichen. Das langfristige Ziel der Syndromanalyse liegt darin, diesen Korridor akzeptabler Entwicklungen auszuloten und in seinen Umrissen und wesentlichen Richtungen zu spezifizieren. Eine umfassende Analyse der gegenwärtigen bedrohlichen Entwicklungsdynamik des Zivilisation-Natur-Systems ist dafür Grundvoraussetzung. Es gilt, diese Dynamik zu verstehen, ihre wesentlichen Ursache-Wirkungskomplexe innerhalb des Gesamtsystems herauszufiltern und schließlich die Instrumente zu finden mit denen bei geringem Aufwand ein großer „*Heilungseffekt*“ zu erzielen ist. Erstes Teilziel ist die Analyse des GW mit einer Zusammenschau der beteiligten Faktoren und Mechanismen aus aggregierter Sicht, was in der Beschreibung potentiell nicht-nachhaltiger Entwicklungsmuster mündet. Die Syndrome bilden nicht-nachhaltige Entwicklungsdomänen der Koevolution, die auf dem Weg zu einer „*Nachhaltigen Entwicklung*“ vermieden werden sollten. Das Syndromkonzept stellt ein wissenschaftliches Instrument zur Formulierung und Bewertung von Nachhaltigkeitsstrategien zur Verfügung<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Vergleiche auch das hiermit verwandte Konzept des Tolerable Windows Approach, in dem eine Konkretisierung im Hinblick auf die Klimaproblematik versucht wird (Petschel-Held et. al 1999b).

<sup>10</sup> Eine umfassende Diskussion möglicher mittel- und langfristiger Mensch-Natur-Koevolution sowie die Beschreibung möglicher grundlegender Nachhaltigkeitsparadigmen ist in Schellnhuber (1998) gegeben.