

# Theoretische Grundlagen für die gesellschaftliche Beobachtung nachhaltiger Entwicklung

H. Haberl, M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, H. Schandl, H. Weisz und V. Winiwarter

## Theoretical foundations of societal observation of sustainable development

### 1. Einleitung

„Sustainable development“ und verschiedene deutsche Übersetzungen – „zukunftsfähige“, „ökologisch tragfähige“ oder „nachhaltige Entwicklung“ – ist seit über zehn Jahren ein zentraler Begriff der Umweltdiskussion. Je nach wissenschaftlicher Disziplin, geographischer Herkunft oder Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen werden verschiedene Aspekte der nachhaltigen Entwicklung in den Vordergrund gestellt (vgl. u. a. BRANDT, 1997; CLARK UND MUNN, 1986; ENQUÊTE-KOMMISSION, 1997; HAUFF, 1987; HOLLING, 1986; PEARCE et al., 1990; WACKERNAGEL und REES, 1996).

Eine zentrale Frage ist, wie eine Gesellschaft erkennen kann, ob sie sich auf einem Pfad nachhaltiger Entwicklung befindet oder nicht. Diese Frage zu beantworten, wird zur Zeit auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene vor allem mit Hilfe von Indikatoren versucht (vgl. BOSSEL, 1996; EUROSTAT, 1999; HAMMOND et al., 1995; OECD, 1994; SRU, 1998; EUROPEAN COMMUNITIES, 1998; UNO-CSD, 1996).

Da nachhaltige Entwicklung eine komplexe Angelegenheit ist, erscheint das Ziel eines einzigen Nachhaltigkeitsindikators, der alle Aspekte abbilden könnte, nicht erreichbar. Der Weg, der üblicher Weise beschritten wird, ist die Ent-

### Summary

We discuss theoretical issues related to sets of sustainability indicators. We propose that sustainable development can only be observed by analyzing the interrelation between socioeconomic and natural systems which have to be conceptualized as autopoietic and interacting systems. In order to be able to observe this interaction process between socioeconomic and natural systems, a set of sustainability indicators must, at least, comprise four different types of indicators: (1) socioeconomic driving forces, (2) pressures on the environment, (3) state of the environment and (4) feedbacks of environmental change on society. Society-nature interrelations are conceptualized using two basic notions: (1) socioeconomic metabolism and (2) colonization of natural processes.

**Key words:** Sustainability indicators; Society-nature-interaction; Socioeconomic metabolism; Colonization of natural processes; Land use.

### Zusammenfassung

Wir diskutieren theoretische Fragen der Beobachtung nachhaltiger Entwicklung mit Hilfe von Indikatoren. Unserer Meinung nach kann nachhaltige Entwicklung nur durch eine Beobachtung der Beziehungen zwischen sozio-ökonomischen und natürlichen Systemen analysiert werden, wobei beide Typen von Systemen als autopoietisch und einander wechselseitig beeinflussend gedacht werden müssen. Um diesen Interaktionsprozess beobachten zu können, muss ein Indikatorenset zumindestens vier verschiedene Typen von Indikatoren enthalten: (1) sozio-ökonomische Driving Forces, (2) Pressures on the environment, (3) Zustand der Umwelt und (4) Rückwirkungen des Umweltwandels auf die Gesellschaft. Die Gesellschafts-Natur-Interaktion wird anhand von zwei zentralen Begriffen beschrieben: (1) Gesellschaftlicher Stoffwechsel und (2) Kolonisierung von natürlichen Prozessen.

**Schlagworte:** Nachhaltigkeitsindikatoren; Gesellschaft-Natur-Interaktion; Gesellschaftlicher Stoffwechsel; Kolonisierung natürlicher Prozesse; Landnutzung.

wicklung eines Sets von Indikatoren, das in seiner Gesamtheit eine Einschätzung in Bezug auf nachhaltige Entwicklung ermöglicht. In diesem Beitrag diskutieren wir die Frage, wie ein solches Indikatorenset beschaffen sein muss, um die gesellschaftliche Beobachtung nachhaltiger Entwicklung zu erlauben.

## 2. Anwendungsbereiche des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“

Das Urteil darüber, ob eine Entwicklung nachhaltig ist, setzt eine gewisse Mindestkomplexität des Indikatorensets voraus. In diese Richtung zielt unsere erste These, dass *nur durch eine Beobachtung der Interaktionen zwischen gesellschaftlichen und natürlichen Systemen nachhaltige von nicht nachhaltiger Entwicklung unterschieden werden kann.*

Der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ kann als Versuch interpretiert werden, einen dynamischen Begriff („Entwicklung“, was „Fortschritt“, „Wachstum“ etc. suggeriert) mit einem oft statisch verstandenen Begriff („Nachhaltigkeit“ als Bewahrung von Natur oder Herstellung eines Gleichgewichts) zu verknüpfen (EBLINGHAUS und STICKLER, 1996). Im Kern geht es bei nachhaltiger Entwicklung um das Ziel, die Weiterentwicklung von sozio-ökonomischen Systemen mit der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen, d. h. die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen zu erhalten, die für den Weiterbestand und die weitere Entwicklung der Gesellschaft notwendig sind.

Daraus folgen wichtige Einschränkungen über die mögliche Anwendung des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“. Ein natürliches System kann sich z. B. stetig oder unstetig entwickeln, aber nicht nachhaltig. Das Gleiche gilt für ein gesellschaftliches System. Um von nachhaltiger Entwicklung sprechen zu können, muss man mindestens zwei Systeme betrachten, die aufeinander einwirken. Beide Systeme müssen veränderlich sein, und sie müssen in der Lage sein, einander zu beeinflussen. Da beide Systeme als variabel vorausgesetzt werden, muss auch die Interaktion veränderbar sein. Das Ziel „nachhaltiger Entwicklung“ kann daher nicht ein stabiler Zustand („Nachhaltigkeit“) sein. „Nachhaltige Entwicklung“ ist also ein dynamischer Begriff, der die Interaktion Gesellschaft-Natur über längere Zeit beschreibt. Nimmt man dem Begriff seine Dynamik, so bleibt etwas für die vorliegenden Zwecke Unbrauchbares übrig, nämlich Unveränderlichkeit und Konstanz.

Eine nachhaltige Entwicklung liegt dann vor, wenn die Wechselwirkung Gesellschaft und Natur langfristig aufrechterhalten werden kann. Bezeichnet man in Anlehnung an SIEFERLE (1997a) die Gesamtheit von natürlichem und sozialem System als „sozial-ökologisches System“, so lautet diese Bedingung, dass *eine nachhaltige Entwicklung dann vorliegt, wenn das sozial-ökologische System „resilient“ ist.* Als resilient bezeichnet C.S. Holling Systeme, die bei äußeren Störungen ihre Funktion und wesentliche Merkmale ihrer Struktur aufrechterhalten können, d. h. die trotz Veränderungen wichtiger Parameter und unabhängig davon, ob sie in einem Gleichgewichtszustand sind, überlebensfähig sind (HOLLING, 1973; HOLLING, 1986).<sup>1</sup>

Ein einfaches Beispiel. Ein Clan von Jägern und Sammlern entnimmt seiner natürlichen Umwelt nur so viel Ressourcen (Nahrung, Materialien für Bekleidung, Werkzeuge etc.), wie auf Grund der natürlichen Regeneration neu gebildet werden.<sup>2</sup> Dies kann so lange als nachhaltig angesehen werden, wie dieser Clan in der Lage ist, mit dem Aufwand an Arbeitskraft, den er leisten kann, seiner natürlichen Umwelt mindestens jene Menge an Ressourcen zu entnehmen, die er für sein Überleben braucht. Steigt der Aufwand pro gejagter oder gesammelter Menge an Nahrung, wird diese Bedingung irgendwann nicht mehr erfüllt sein – die nachhaltige Entwicklung ist gefährdet. Ein Beispiel ist das Aussterben von gejagten Tieren mit einem günstigen Verhältnis von Aufwand und Ertrag (z. B. Großwild). Dabei ist es nicht wesentlich, ob dieses Aussterben durch natürliche (z. B. Klimaveränderung) oder sozio-ökonomische (z. B. Überjagung) Faktoren bedingt wird (MÜLLER-HEROLD und SIEFERLE, 1998).

Im Fall dieser Ausprägung des sozial-ökologischen Systems ist die gesellschaftliche Entwicklung nur so lange nachhaltig, als sich die Gesellschaft passiv an das – von natürlichen Prozessen gesteuerte – Angebot an Ressourcen anpasst. Auch in für Jäger-Sammler-Gesellschaften günstigen Regionen eignet sich nur ein sehr kleiner Teil der biologischen Produktion als Ressource: Der Mensch kann nur einen kleinen Teil der in Ökosystemen jährlich produzierten pflanzlichen Biomasse (Nettoprimärproduktion, NPP) als Nahrung nutzen (Früchte, Wurzeln etc.). Der jährliche Biomassezuwachs jagdbarer Tiere macht selbst unter günstigen Umständen (große Pflanzenfresser) nur einen kleinen Teil (Größenordnung: 0,1%, McNAUGHTON et al., 1989) der NPP aus. Der „energetische Metabolismus“<sup>3</sup> – also der gesamte gesellschaftliche Energieumsatz, inklusive Ernährung von Menschen und Nutztieren – von Jäger- und Sammlergesellschaften liegt daher höchstens bei 1/10.000

bis 1/100.000 der NPP der Gebiete, die sie bewohnen (BOYDEN, 1992). Die Landschaft der Jäger und Sammler kann als „Naturlandschaft“ bezeichnet werden, weil Menschen in ihr im Wesentlichen eine ähnliche Rolle spielten, wie andere große omnivore Säugetiere auch (SIEFERLE, 1997b).

Das bedeutet nicht, dass nur ein sozial-ökologisches System, in dem die gesellschaftliche Entwicklung passiv von der natürlichen Dynamik begrenzt wird, nachhaltig sein kann. Die neolithische Revolution führte zu einer grundlegenden Neukonfiguration, die ein völlig anders geartetes sozial-ökologisches System hervorbrachte: die Agrargesellschaft. Diese war mit der Entstehung neuer Ökosystem-Typen – der Agrarökosysteme – verbunden.

Die Produktivität (NPP pro Flächeneinheit) der Agrarökosysteme dürfte zwar in den meisten Fällen viel niedriger gewesen sein als die Produktivität der natürlichen Ökosysteme, an deren Stelle sie traten. Dafür war aber ein viel höherer Anteil der Produktivität entweder für den Menschen direkt oder für seine Nutztiere verwertbar. Der Zusammenhang zwischen der Kultur (Produktion, Reproduktion und Ressourcennutzung) einer Gesellschaft und der von ihr geprägten Landschaft wird in Agrargesellschaften so eng, dass es gerechtfertigt ist, die Landschaft der Agrargesellschaft als (Agri-)Kulturlandschaft zu bezeichnen (SIEFERLE, 1997b).

In diesem sozial-ökologischen Grundmuster ist nachhaltige Entwicklung nicht mehr dadurch charakterisiert, dass sich Gesellschaften passiv an natürliche Grenzen anpassen. Vielmehr führt jede Änderung in der gesellschaftlichen Organisation – etwa in der Produktion – zu einer Veränderung der Balance zwischen der Produktivität der Agrarökosysteme, dem Ressourcenbedarf der Bevölkerung, der Arbeitsleistung, die nötig ist, um die Produktivität aufrecht zu erhalten, und der Fähigkeit einer Gesellschaft, diese Arbeitsleistung zu erbringen (BOSERUP, 1965; NETTING, 1993).

Daraus folgt unsere zweite These, dass *nachhaltige Entwicklung unteilbar ist: Es gibt nicht eine ökologisch nachhaltige, eine sozial nachhaltige und eine ökonomisch nachhaltige Entwicklung.*

Charakterisiert man „nachhaltige Entwicklung“ als Resilienz des sozial-ökologischen Systems, so ist es unsinnig, von „ökologischer Nachhaltigkeit“ auf der einen und von „sozialer“ oder „ökonomischer Nachhaltigkeit“ auf der anderen Seite zu sprechen: Es gibt nur *eine* Bestimmung für Nachhaltigkeit; diese betrifft beide Seiten der Interaktion, das soziale und das natürliche System. Eine nicht nachhaltige Interaktion führt zu Veränderungen des Natursystems, die

Veränderungen im Verhalten des sozio-ökonomischen Systems erzwingen. Ein Mangel an „ökologischer Nachhaltigkeit“ bedingt über kurz oder lang eine Störung auf der sozialen und ökonomischen Seite. Dies kann allerdings auf Seiten des sozialen Systems eine Zeit lang unbemerkt bleiben, etwa wenn die Verschlechterung der Umweltbedingungen durch die Wirkung schrittweiser technologischer Verbesserungen „zugedeckt“ wird, oder wenn es gelingt, durch Umverteilung den Hunger auf eine kulturell ausgegrenzte Bevölkerungsgruppe, z. B. eine Unterschicht, zu begrenzen.

Wenn es eine so enge Interdependenz von Gesellschaft und Natur gibt, sollte es dann nicht ausreichen, den Zustand natürlicher und sozialer Systeme mittels Indikatoren zu beschreiben? Verschlechtert sich dieser nicht, müsste doch die Interaktion nachhaltig sein. Diese Vermutung, ebenso wie ihre Umkehrung, stellt sich bei näherer Betrachtung als fragwürdig heraus. Dafür gibt es folgende Gründe:

- Ebenso wie soziale Systeme unterliegen Natursysteme einer eigendynamischen Veränderung; Sie kehren kaum je in einen identischen Ausgangszustand zurück.
- Natursysteme können ein sehr zeitverzögertes Muster aufweisen: Längere Zeit merkt man möglicherweise kaum Belastungen, dann „kippen“ sie plötzlich (HOLLING, 1973). Solche Phänomene sind auch bei Gesellschaften vorstellbar, man denke etwa an das „Kippen“ des DDR-Regimes.
- Dazu kommt ein Messproblem: Oft kann man den Zustand eines Natursystems nur an seinen Reaktionen auf Interventionen erkennen.

Daher scheint es geboten, den Zustand der sozio-ökonomischen und der natürlichen Systeme, sowie deren Interaktion mittels Indikatoren abzubilden. Ein Indikatorenset, das geeignet sein soll, nachhaltige Entwicklung zu beobachten, muss daher die Wechselwirkungen zwischen Gesellschaften und ihrer natürlichen Umwelt (Umweltingriffe bzw. Pressures [Gesellschaft → Natur] und Feedbacks von Umweltveränderungen [Natur → Gesellschaft]) gleichermaßen abbilden. Darüber hinaus sollte es Zustände und Prozesse sowohl der natürlichen, als auch der sozio-ökonomischen Systeme widerspiegeln.

### 3. Kriterien für Nachhaltigkeit oder für Zumutbarkeit?

Den Versuch, unabhängig von der von uns vorgeschlagenen „sozial-ökologischen“ Definition nachhaltiger Entwicklung eigene Kriterien für „soziale“ oder „wirtschaftliche“

Nachhaltigkeit zu definieren, halten wir für unsinnig. Abgesehen davon, dass statische Kriterien generell problematisch erscheinen, stellt sich die Frage, wie man soziale oder ökonomische Nachhaltigkeitskriterien einigermaßen analog zur sozial-ökologischen Definition nachhaltiger Entwicklung bestimmen sollte. Können diese verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien in Widersprüche geraten, und wenn ja, was bedeutet das? Mit diesen Schwierigkeiten wird häufig so umgegangen, dass die Notwendigkeit sozialer und wirtschaftlicher Nachhaltigkeitskriterien betont, ihre Ermittlung aber in die Zukunft verschoben wird. Oder der Begründungsanspruch für soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeitskriterien wird im Vergleich zu ökologischen drastisch herabgesetzt – die Grenze sozialer oder wirtschaftlicher Nachhaltigkeit fällt dann zusammen mit der Unterscheidung von wünschenswerten und nicht wünschenswerten sozialen oder wirtschaftlichen Zuständen, die je nach ideologischem Standpunkt getroffen wird.<sup>4</sup>

Daher unsere dritte These, *dass man analytisch bestimmbare Nachhaltigkeitsgrenzen und soziale, ökologische oder ökonomische Zumutbarkeitsgrenzen (im Sinn von sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungszielen oder ökologischen Qualitätszielen) klar unterscheiden sollte.*

Man kann unterstellen, dass eine bestimmte historische Ausprägung des sozial-ökologischen Systems nur innerhalb einer bestimmten Bandbreite von Systemzuständen akzeptabel erscheint. Die Schwellenwerte von Zumutbarkeit können wissenschaftlich mehr oder weniger gut begründet sein, aber sie sind letztlich – wie alle „Grenzwerte“ – normative, gesellschaftliche Setzungen, die über politische Prozesse ausgehandelt werden. Diese Schwellenwerte sind *keine* Nachhaltigkeitsgrenzen. Sie stecken vielmehr eine Bandbreite akzeptabel erscheinender Systemzustände ab; eine Art von „Schmerzgrenzen“, zwischen denen sich der Interaktionsprozess bewegen soll.

Ein Beispiel: Kulturanthropologische (NETTING, 1993) und umweltgeschichtliche (PROJEKTGRUPPE UMWELTGESCHICHTE, 1999) Fallstudien weisen darauf hin, dass die Ernährung der Bevölkerung in bestimmten Regionen nur unter Bedingungen extremen Arbeitseinsatzes (bis zu 4000 Stunden pro arbeitsfähigem Einwohner und Jahr) und/oder massiver Mangel- und Unterernährung möglich ist. Ein solcher Zustand mag „nachhaltig“ sein, aber er wird vielen als nicht akzeptabel erscheinen. Umgekehrt wäre es denkbar, dass die Ernährung der für 2050 prognostizierten Weltbevölkerung von etwa 10 Milliarden Menschen nur möglich ist, indem die gesamten weltweit verfügbaren kultivierbaren Flächen intensiv landwirtschaftlich bewirtschaftet wer-

den, ohne Rücksicht auf die Biodiversität. Selbst wenn es gelänge, dies unter Erhalt aller lebensnotwendigen Ökosystem-Services (DAILY et al., 1999) zu bewerkstelligen, würde der damit verbundene Verlust an Biodiversität von vielen als inakzeptabel bewertet werden.<sup>5</sup>

Indem die – analytische – Bestimmung von „Nachhaltigkeit“ als Merkmal des sozial-ökologischen Systems von der – normativen – Bestimmung der Zumutbarkeitsgrenzen von Entwicklungsmodellen oder der – ebenfalls häufig nur normativ möglichen – Bestimmung von Umweltqualitäts- oder Naturschutzzielen trennt, kann man beiden Anliegen Rechnung tragen, ohne sich in ideologischen und logischen Verstrickungen zu verfangen. Es gibt allerdings a priori keine Garantie, dass es innerhalb der heute als zumutbar erscheinenden Schranken nachhaltige Entwicklungspfade gibt.

#### 4. Ein Prozessmodell der Gesellschaft-Natur-Interaktion

Bei vielen Versuchen, Nachhaltigkeitskriterien aufzustellen, bleiben Fragen offen: Tragen diese Kriterien der einzigartigen Flexibilität und dem Erfindungsreichtum moderner Gesellschaften Rechnung? Handelt es sich nicht um ein konservatives Grundmodell, das die Spielräume für technologische Innovation ignoriert? Können nicht bestimmte Leistungen von Natursystemen durch soziale und technische Systeme übernommen werden? Oder umgekehrt: Könnten Nachhaltigkeitsprobleme nicht erst dadurch entstehen, dass die Kapazität natürlicher Systeme zur Verarbeitung gesellschaftlicher Eingriffe überfordert wird, sondern auch deshalb, weil das gesellschaftliche Verarbeitungsvermögen überlastet wird (FISCHER-KOWALSKI und WEISZ, 1998; WINIWARTER, 1997; WINIWARTER und HABERL, 1998)? Wie müsste ein Indikatorenset beschaffen sein, damit man das überhaupt erkennen könnte?

Das derzeit am weitesten verbreitete Schema zur Gliederung von Indikatorensets ist das sogenannte „Pressure-State-Response“-Modell (OECD, 1994), kurz PSR-Modell. Es besteht in einem zirkulären Handlungsmodell, dem zu Folge die Gesellschaft einen Druck auf die Umwelt ausübt (P), der zu (nachteiligen) Zustandsveränderungen (S) in der Umwelt führt, die dann mittels umweltpolitischer Maßnahmen (R) gemildert oder ausgeglichen werden. Damit ist das PSR-Modell wesentlich zu eng, um eine nachhaltige Entwicklung abbilden zu können – vor allem ist es nicht ausreichend, um Aussagen über die Aufrechterhaltbarkeit der Interaktion Gesellschaft-Natur zu machen:

- Es beschreibt nur eine Richtung des Interaktionsprozesses, nämlich die Eingriffe der Gesellschaft in natürliche Systeme („Pressures“). Rückwirkungen des veränderten Umweltzustandes auf die Gesellschaft werden nicht beschrieben.
- Es reduziert die Beschreibung der Gesellschaft auf Responses, also im wesentlichen auf Umweltpolitik. Für die Abbildung nachhaltiger Entwicklung ist das nicht ausreichend, da dieses Konzept gerade darauf beruht, die systemischen Beziehungen zwischen sozio-ökonomischen und ökologischen Entwicklungen zu berücksichtigen.

Um das PSR-Konzept an die Nachhaltigkeitsfrage anschlussfähig zu machen, muss es daher zur Gesellschaft hin geöffnet und um die Dimension der Rückwirkungen von Veränderungen der Umwelt auf die Gesellschaft erweitert werden. „States“ sollte es nicht nur, wie im PSR-Modell, auf Seiten natürlicher Systeme geben, sondern auch auf Seiten der sozio-ökonomischen Systeme. Dadurch ist es möglich, herauszufinden, welche Prozesse in sozio-ökonomischen Systemen die Pressures beeinflussen und daher „Driving Forces“ darstellen. Die Kategorie der „Responses“ ist – jedenfalls in der Form, wie sie in der internationalen Indikatorenendebatte verstanden wird – für Systeme von Nachhaltigkeitsindikatoren nur beschränkt nützlich.

Wir wollen hier eine Systematik für ein Indikatorenset vorschlagen, die ein ausreichend komplexes Beobachtungssetting ermöglicht. Dabei gehen wir von einem konzeptuellen Modell der Interaktion Gesellschaft-Natur aus, das in

den letzten Jahren auf Basis der Arbeiten von BOYDEN (1992) und SIEFERLE (1997) entwickelt wurde (FISCHER-KOWALSKI et al., 1997; FISCHER-KOWALSKI und WEISZ, 1999). Dieses Modell postuliert, dass ein Überlappungsbe- reich zwischen einem biophysischen Wirkungszusammen- hang und einem kulturalen Wirkungszusammenhang defi- niert werden kann, über den Interaktionen zwischen Gesellschaft und Natur ablaufen (Abb. 1).

Das Modell ist als „Prozessmodell“ formuliert, d. h. es fokussiert auf die Ursache-Wirkungs-Beziehungen in der Interaktion zwischen gesellschaftlichen und natürlichen Prozessen. Geht man davon aus, dass es wenig sinnvoll ist, die gesellschaftliche Wahrnehmung von Umweltverände- rungen in Form von Indikatoren zu fassen,<sup>6</sup> so ergibt sich aus dem Modell folgendes Gliederungsschema für ein Indi- katorenset zur Beobachtung nachhaltiger Entwicklung:

1. *Sozio-ökonomische Driving Forces*: Indikatoren für sozio- ökonomische Prozesse, die zu Pressures führen.
2. *Pressures*: Diese sollten eher in einem weiten Sinn defi- niert werden, also das Kriterium der Umweltschädlich- keit sollte weit gefasst werden, da sich gesellschaftliche Bewertungen im Lauf der Zeit ändern können. Es scheint sinnvoller, den Begriff analytisch zu definieren als seine normative Komponente überzubetonen.
3. *States*: State-Indikatoren beschreiben primär den Zu- stand der Umwelt, wobei hier eine enge Einschränkung auf reine Zustandsgrößen nicht sinnvoll erscheint. Viel- mehr kann es sich um Bestands- und Prozessgrößen

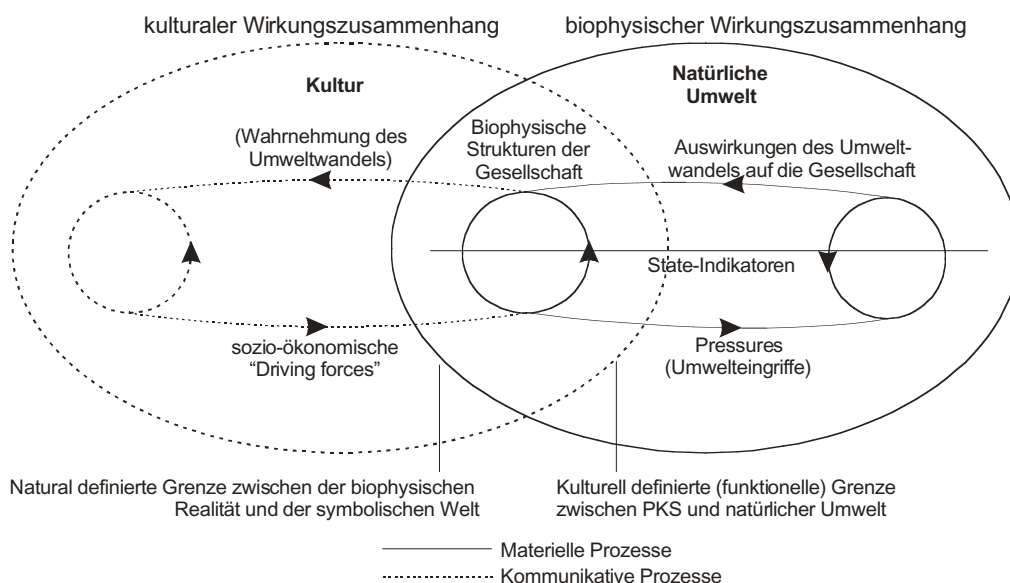


Abbildung 1: Prozessmodell der Gesellschafts-Natur-Interaktion mit Bezug auf Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren

Figure 1: Process model of society-nature interaction with reference to sustainability indicators

handeln, die das Funktionieren oder die Zusammensetzung natürlicher Systeme beschreiben. Ebenfalls sinnvoll erscheint es, biophysische Bestände von Gesellschaften hier zu inkludieren (z. B. demographische Merkmale der Population, den Gebäudebestand bzw. die materielle Infrastruktur etc.).

4. *Feedbacks of Environmental Change on Society*: Dieser Wirkungszusammenhang ist im PSR-Schema nicht erfasst.

Dieses Modell ähnelt in Manchem dem sogenannten DPSIR-Schema, das derzeit von der Europäischen Umweltagentur verwendet wird (vgl. EEA, 1999, S. 185). Dieses geht von folgender Kette von Kausalbeziehungen aus: Driving Forces bewirken Pressures, diese verändern States und führen zu Impacts und Responses, wobei die Impacts sowohl naturale als auch soziale Systeme betreffen können. Obwohl das DPSIR-Schema gegenüber dem PSR-Konzept verbessert wurde – Einbeziehung von Driving Forces und Rückwirkungen von Umweltwandel auf Gesellschaft (eine Teilmenge der Impacts) –, hat es nach unserer Einschätzung Nachteile gegenüber dem von uns vorgeschlagenen Konzept: Die Zunahme der Kategorien von Indikatoren auf 5 macht das Indikatorenset komplizierter als nötig. Im Unterschied zu dem von uns vorgeschlagenen Modell beruht das DPSIR-Schema nicht auf einem klaren Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion (vgl. die Impacts). Weiters meinen wir, dass Responses besser als Untergruppe der Driving Forces betrachtet werden sollten.

Zur Operationalisierung der Gesellschafts-Natur-Interaktion schlagen wir zwei Konzepte vor:

1. *Gesellschaftlicher Stoffwechsel*: Darunter verstehen wir die materiellen und energetischen Input-Output-Beziehungen zwischen einer Gesellschaft und der natürlichen Umwelt. Dieses Konzept hat sich inzwischen in der gesellschafts- und wirtschaftsbezogenen Umweltforschung zu einem wichtigen Forschungsfeld entwickelt (AYRES und SIMONIS, 1994; FISCHER-KOWALSKI et al., 1997; ERKMANN, 1997; HÜTTLER et al., 1997).
2. *Kolonisierung natürlicher Prozesse*: Ein Bündel gezielter gesellschaftlicher Eingriffe, die natürliche Systeme beeinflussen und in einem Zustand halten, der für bestimmte gesellschaftliche Ziele nützlich ist. Kolonisierung erfordert in der Regel einen Aufwand an Arbeit, der sowohl in Form von menschlicher Arbeit, als auch als Arbeit von Tieren oder Maschinen erbracht werden kann. Kolonisierung kann eine Vorbedingung für eine bestimmte Form des Metabolismus sein, kann aber auch nur bestimmte physische Konditionen herstellen, z. B.

beim Bau einer Straße (FISCHER-KOWALSKI und HABERL, 1993; FISCHER-KOWALSKI und HABERL, 1997; HABERL et al., 1998; HABERL und ZANGERL-WEISZ, 1997).

Das Metabolismuskonzept ist zur Operationalisierung von Umweltproblemen wie Rohstoffknappheit, Abfällen oder Emissionen geeignet. Es erlaubt die Beschreibung einer Nationalökonomie in physischen Einheiten (Tonnen, Joules) parallel zur monetären Wirtschaftsberichterstattung. Für die Entwicklung von Indikatoren für landschaftsrelevante Eingriffe ist das Metabolismuskonzept jedoch nicht geeignet: Im Prozess der Landnutzung wird die betroffene Fläche nicht verbraucht – ein Input-Output-Modell wäre daher nicht angebracht. Vielmehr werden die auf dieser Fläche befindlichen terrestrischen Ökosysteme kolonisiert.

## 5. Ausblick

Die gesellschaftliche Beobachtung „nachhaltiger Entwicklung“ erfordert es, das Verhältnis zweier Systeme zu analysieren, nämlich das zwischen historisch variablen Gesellschaften und historisch ebenso variablen dynamischen Natursystemen. Dies stellt sehr hohe Anforderungen an Theorie. Versteht man die zeitliche Dynamik von Gesellschaftssystemen als „kulturelle Evolution“, so kann man, so unsere letzte These, *nachhaltige Entwicklung als ein Problem des Verhältnisses von biologischer zu kultureller Evolution verstehen* (FISCHER-KOWALSKI und WEISZ, 1998; MUNN, 1992; NORGAARD, 1998).

Wir halten es für empfehlenswert, an diese Aufgabe möglichst analytisch, das heißt mit möglichst wenig wertenden Vorannahmen, heranzugehen. Das bedeutet, die biophysisch wirksamen Interventionen von Gesellschaften in Natursysteme mittels Indikatoren abzubilden, und hierbei insbesondere jene, die für die gesellschaftliche Reproduktion vital sind.

Es hat im bisherigen Verlauf der Geschichte sehr unterschiedliche Formen der Gesellschaft-Natur-Interaktion gegeben (die aus heutiger Perspektive als unterschiedlich wünschenswert betrachtet werden können), aber nie stationäre Verhältnisse. Es ist daher sinnvoll, Prozesse nicht an stationären, sondern an dynamischen Referenzen zu messen, auch wenn das methodisch schwieriger ist.

Während Natursystemen in der Regel eine innere Logik und Eigendynamik unterstellt wird, die alle Elemente in Interdependenzen einbindet, denen ein Indikatorenset gerecht werden muss, wird sozialen Systemen häufig unter-

stellt, willentlich gestaltbar zu sein und nach Zielen und Präferenzen zu handeln. Eine solche Unterschätzung der Eigenkomplexität sozialer Systeme kann zu einer mangelnden Komplexität auf der Ebene der Indikatoren führen, die dann bestehende Interdependenzen nicht mehr kenntlich machen.

## Anmerkungen

- 1 Der Begriff „Resilienz“ wird in der Ökologie uneinheitlich definiert (vgl. etwa PIMM, 1991). In der Diskussion über nachhaltige Entwicklung wird vor allem die Definition von Holling verwendet (vgl. etwa MUNN, 1992 und HOLLING, 1986).
- 2 Dieses Kriterium des „maximum sustainable yield“, das beim Management erneuerbarer Ressourcen häufig herangezogen wird, ist allerdings nicht unproblematisch, denn eine unter bestimmten Umweltbedingungen als „nachhaltig“ eingeschätzte Entnahmerate, etwa eine Fischfangquote, kann bei einer Änderung der Umweltbedingungen den Bestand gefährden. Der „sustainable yield“ darf daher nicht als fixe Größe betrachtet werden, sondern hängt von den variablen Umweltbedingungen ab (MUNN, 1992).
- 3 Analog zum Materialinput einer Gesellschaft kann ihr gesamter Energieinput beschrieben werden, um ihren „energetischen Metabolismus“ zu charakterisieren. Dabei ist – im Unterschied zu der in Energiestatistiken erfassten Primärenergie – der gesamte Input an Energie zu berücksichtigen, also etwa auch die für Ernährung von Menschen oder Nutztieren Ökosystemen entnommene pflanzliche Biomasse (HABERL, 2001).
- 4 Vgl. die Probleme der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages beim Versuch, soziale oder wirtschaftliche Nachhaltigkeitskriterien zu definieren (ENQUÊTE-KOMMISSION, 1997). Siehe auch das SRU-Gutachten (SRU, 1998) oder den SCOPE-Bericht (BILLHARZ und MOLDAN, 1996).
- 5 Wir gehen in diesem Gedankenexperiment davon aus, dass ein Erhalt überlebensnotwendiger Ökosystem-Services auch bei einer deutlich geringeren Artenvielfalt möglich wäre. Ob dies so ist, kann nach unserer Einschätzung beim Stand des Wissens weder bewiesen noch widerlegt werden.
- 6 Zu dieser soll ja ein derartiges Interaktionsmodell gerade beitragen.

## Literatur

- AYRES, R. U. und U. E. SIMONIS (1994): *Industrial Metabolism, Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.
- BILLHARZ, S. und B. MOLDAN (1996): *Scientific Workshop on Indicators of Sustainable Development*, Wuppertal, Germany, November 15–17, 1995. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Prague.
- BOSERUP, E. (1965): *The conditions of agricultural growth, The economics of agrarian change under population pressure*. Aldine, Chicago.
- BOSSEL, H. (1996): *Deriving Indicators of Sustainable Development*. *Environmental Modelling and Assessment* 1, 192–218.
- BOYDEN, S. (1992): *Biohistory, The Interplay Between Human Society and the Biosphere*. UNESCO and Parthenon Publishing Group, Paris, Casterton Hall, Park Ridge.
- BRANDT, K. W. (Hrsg.) (1997): *Nachhaltige Entwicklung, Eine Herausforderung für die Soziologie*. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- CLARK, W. C. und R. E. MUNN (1986): *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge.
- DAILY, G. C., S. ALEXANDER, P. R. EHRLICH, L. GOULDER, J. LUBCHENKO, P. A. MATSON, H. A. MOONEY, S. POSTEL, S. H. SCHNEIDER, D. TILMAN and G. M. WOODWELL (1999): *Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems*. *Issues in Ecology* 2.
- EBLINGHAUS, H. und A. STICKLER (1996): *Nachhaltigkeit und Macht: Zur Kritik an Sustainable Development*. Verlag für kulturelle Kommunikation, Frankfurt.
- EEA (1999): *Environment in the European Union at the turn of the century*. Environmental assessment report No. 2, European Environment Agency, Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg.
- ENQUÊTE-KOMMISSION (1997): *Zwischenbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung*, Konzept Nachhaltigkeit, Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode, Bonn.
- ERKMANN, S. (1997): *Industrial ecology, an historical view*. *Journal of Cleaner Production* 5 (1–2), 1–10.
- EUROPEAN COMMUNITIES (1998): *Europe's Environment, Statistical Compendium for the Second Assessment*.

- Compiled jointly by Eurostat, European Commission and the European Environment Agency. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- EUROSTAT (1999): Towards environmental pressure indicators for the EU. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- FISCHER-KOWALSKI, M. und H. HABERL (1993): Metabolism and Colonization, Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. *Innovation in Social Sciences Research* 6 (4), 415–442.
- FISCHER-KOWALSKI, M. und H. HABERL (1997): Tons, Joules, and Money: Modes of Production and Their Sustainability Problems. *Society and Natural Resources* 10 (1), 61–85.
- FISCHER-KOWALSKI, M., H. HABERL, W. HÜTTLER, H. PAYER, H. SCHANDL, V. WINIWARTER und H. ZANGERL-WEISZ (1997): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Gordon+Breach Fakultas, Amsterdam.
- FISCHER-KOWALSKI, M. und H. WEISZ (1998): Gesellschaft als Verzahnung materieller und symbolischer Welten. In: K. W. BRAND (Hrsg.): *Soziologie und Natur, Theoretische Perspektiven*. Leske + Budrich, Opladen, 145–172.
- FISCHER-KOWALSKI, M. und H. WEISZ (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms, Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation. *Advances in Human Ecology* 8, 215–251.
- HABERL, H. (2001): The Energetic Metabolism of Societies, part I: Accounting Concepts. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 5, No. 1 (in press).
- HABERL, H., E. KOTZMANN und H. WEISZ (Hrsg.) (1998): *Technologische Zivilisation und Kolonisierung von Natur*. Springer, Wien, New York.
- HABERL, H. und H. ZANGERL-WEISZ (1997): Kolonisierende Eingriffe: Systematik und Wirkungsweise. In: M. FISCHER-KOWALSKI, H. HABERL, W. HÜTTLER, H. PAYER, H. SCHANDL, V. WINIWARTER und H. ZANGERL-WEISZ (Hrsg.): *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie*. Gordon & Breach Fakultas, Amsterdam, 129–148.
- HAMMOND, A., A. ADRIAANSE, E. RODENBURG, D. BRYANT und R. WOODWARD (1995): Environmental indicators, A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, Washington DC.
- HAUFF, V. (Hrsg.) (1987): *Unsere gemeinsame Zukunft, Der Brundtlandbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Eggenkamp Verlag, Greven.
- HOLLING, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1–24.
- HOLLING, C. S. (1986): The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. In: W. C. CLARK und R. E. MUNN (Eds.): *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, 292–320.
- HÜTTLER, W., H. PAYER und H. SCHANDL (1997): *National Material Flow Analysis for Austria 1992*. IFF-Social Ecology, Vienna.
- MCNAUGHTON, S. J., M. OESTERHELD, D. A. FRANK und K. J. WILLIAMS (1989): Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* 341, 142–144.
- MUNN, R. E. (1992): Towards Sustainable Development. *Atmospheric Environment* 26A (15), 2725–2731.
- MÜLLER-HEROLD, U. und R. P. SIEFERLE (1998): Surplus and Survival: Risk, Ruin, and Luxury in the Evolution of Early Forms of Subsistence. *Advances in Human Ecology* 6, 201–220.
- NETTING, R. M. (1993): *Smallholders, Householders; Farm Families and the Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture*. Stanford University Press, Stanford.
- NORGAARD, R. B. (1998): A coevolutionary environmental sociology. In: M. REDCLIFT und G. WOODGATE (Eds.): *The International Handbook of Environmental Sociology*. Edward Elgar, Cheltenham, Northampton, 158–168.
- OECD (1994): *Environmental Indicators, Core Set – Indicateurs d'Environment, Corps Central de l'OCDE*. OECD, Paris.
- PEARCE, D., A. MARKANDYA und E. B. BARBIER (1990): *Blueprint for a Green Economy*. Earthscan, London.
- PIMM, S. L. (1991): *The Balance of Nature, Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. University of Chicago Press, Chicago, London.
- PROJEKTGRUPPE UMWELTGESCHICHTE (1999): *Historische Entwicklung von Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Natur*. In: K. ECKER, F. M. GRÜNWEIS, A. MÜLLNER, C. SONNLECHNER, H. WILFING, V. WINIWARTER, I. FUCHSIG-WRBKA und T. WRBKA (Hrsg.): *Schriftenreihe „Kulturlandschaftsforschung“*, Band 7, auf CD-ROM, Wien.
- SIEFERLE, R. P. (1997a): Kulturelle Evolution des Gesellschafts-Natur-Verhältnisses. In: M. FISCHER-KOWALSKI, H. HABERL, W. HÜTTLER, H. PAYER, H. SCHANDL, V. WINIWARTER und H. ZANGERL-WEISZ (Hrsg.): *Gesell-*



- schaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Gordon & Breach Fakultas, Amsterdam, 37–55.
- SIEFERLE, R. P. (1997b): Rückblick auf die Natur, Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. Luchterhand Verlag, München.
- SRU (1998): Umweltgutachten 1998. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- UNO-CSD (1996): Indicators for Sustainable Development, Methodology Sheets. United Nations Commission of Sustainable Development (UNO-CSD), New York.
- WACKERNAGEL, M. und W. REES (1996): Our ecological footprint, Reducing human impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, Philadelphia.
- WINIWARTER, V. (1997): Gesellschaftlicher Arbeitsaufwand für die Kolonisierung von Natur. In: M. FISCHER-KOWALSKI, H. HABERL, W. HÜTTLER, H. PAYER, H. SCHANDL, V. WINIWARTER und H. ZANGERL-WEISZ (Hrsg.): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Gordon and Breach Fakultas, Amsterdam, 161–175.
- WINIWARTER, V. und H. HABERL (1998): Über die Machbarkeit globalen Managements. In: U. E. SIMONIS (Hrsg.): Jahrbuch Ökologie 1999. C.H. Beck Verlag, München, 187–198.

### **Anschrift der Verfasser**

**Dr. Helmut Haberl, Univ. Prof. Dr. Marina Fischer-Kowalski, Mag. Fridolin Krausmann, Mag. Heinz Schandl, Mag. Helga Weisz**, IFF – Soziale Ökologie, Schottenfeldgasse 29, A-1070 Wien; e-mail: [helmut.haberl@univie.ac.at](mailto:helmut.haberl@univie.ac.at)  
**Ing. Mag. Dr. Verena Winiwarter**, IFF-Soziale Ökologie und Institut für Anthropologie, Universität Wien, Biozentrum, Althanstraße 14, 1090 Wien.

Eingelangt am 25. Oktober 2000

Angenommen am 4. Mai 2001