

WBGU (*Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*), 1996: Welt im Wandel: Herausforderungen an die deutsche Wissenschaft. Jahrestgutachten 1996 des WBGU, Berlin u.a.

Willke, H., 1983: Entzauberung des Staates. Überlegungen zu einer gesellschaftlichen Steuerungstheorie, Königstein/Ts.

Willke, H., 1998: Systemtheorie III: Steuerungstheorie. Stuttgart

Welsch: W., 1987: Unsere postmoderne Moderne. Weinheim

Kontakt

Dr. Michael Paetau

GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH

Institut für Autonome intelligente Systeme (AiS)

Schloss Birlinghoven, D-53754 St. Augustin

Tel.: + 49 (0) 2241 / 14 - 2625

Fax: + 49 (0) 2241 / 14 - 2072

E-Mail: paetau@gmd.de

»

Konzeptionelle Aspekte von Nachhaltigkeitsindikatorensystemen

von Reinhard Coenen, Forschungszentrum Karlsruhe

Nach der Formulierung von generellen Zielen und Regeln für eine nachhaltige Entwicklung (siehe den Beitrag von Jörissen, Brandl, Kopfmüller, Paetau in diesem Schwerpunkt), stellt die Entwicklung bzw. Auswahl von auf diese Regeln bezogene Nachhaltigkeitsindikatoren einen weiteren Schritt zur Operationalisierung des Leitbilds im Rahmen des HGF-Strategieprojekts dar. Die in der Vorstudie durchgeführte Bestandsaufnahme zu Nachhaltigkeitsindikatorensystemen diene der Klärung der Frage, inwieweit bei der Ent-

wicklung eines Indikatorensystems für das HGF-Projekt auf vorliegende Ansätze zurückgegriffen werden kann, sowohl in konzeptioneller Sicht als auch im Hinblick auf die Auswahl von Indikatoren und die Datenverfügbarkeit.

Anforderungen an Nachhaltigkeitsindikatoren

Indikatoren kann man allgemein als Kenngrößen definieren, die zur Abbildung eines bestimmten, nicht direkt messbaren und oftmals komplexen Sachverhalts (Indikandum) ausgewählt werden (SRU 1998, S. 93). So sollten Nachhaltigkeitsindikatoren Aussagen darüber ermöglichen, wie es um die Nachhaltigkeit der Entwicklung einer Gesellschaft oder einer Region bestellt ist und ob Strategien und Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung greifen.

An Nachhaltigkeitsindikatoren bzw. Indikatoren allgemein werden – sichtet man die Literatur – verschiedene Anforderungen gestellt, die sich in wissenschaftliche, funktionale, nutzerbezogene und praktische Anforderungen unterscheiden lassen und in Abbildung 1 aufgelistet sind.

Es dürfte wohl kaum einen Indikator geben, der alle diese idealtypischen Anforderungen erfüllt. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass gewisse Konflikte bei der Anwendung dieser Kriterien auftreten können. Beispielsweise bedeutet die Verdichtung von Information für den Bedarf von Politik und öffentlicher Kommunikation in der Regel eine Simplifizierung der Zusammenhänge und damit Abstriche an dem Anforderungskriterium „Adäquanz der Abbildung“, das aus wissenschaftlicher Sicht von Bedeutung ist und eher umfangreiche Indikatorensysteme erfordern würde, die der Komplexität der jeweiligen Zusammenhänge gerecht werden (SRU 1998, S. 95).

Im einzelnen kann hier auf diesen Anforderungskatalog nicht eingegangen werden; von besonderer Bedeutung sind u.E. aber die nutzeradäquate Verdichtung nachhaltigkeitsrelevanter Informationen und der Zielbezug von Indikatoren.

Eine Verdichtung von Daten kann dabei einerseits durch Aggregation von Einzelindikatoren erfolgen, andererseits durch Auswahl von Schlüssel- bzw. Leitindikatoren, die repräsentativ oder dominant für bestimmte Entwicklungen sind. Beispielsweise kann man für

Abb. 1: Anforderungen an Nachhaltigkeitsindikatoren

Anforderungen an Nachhaltigkeitsindikatoren	
Wissenschaftliche Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Repräsentativität und Adäquanz bezüglich der jeweiligen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zusammenhänge - Transparenz - Reproduzierbarkeit der Ergebnisse - Nachvollziehbarkeit der Aggregation - Nachvollziehbarkeit der Auswahlkriterien - Datenqualität, Transparenz über die Unsicherheit von Daten
Funktionale Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sensitivität gegenüber Änderungen im Zeitablauf - Eignung zur Erfassung von Trends - Frühwarnungsfunktion - internationale Kompatibilität - Sensitivität gegenüber ökonomischen, ökologischen und sozialen Wechselwirkungen
Anforderungen aus der Sicht von Nutzern	<ul style="list-style-type: none"> - Zielbezug - Adressaten-adäquate Verdichtung von Information - politische Steuerbarkeit - Verständlichkeit für Politik und Öffentlichkeit - gesellschaftlicher Mindestkonsens über Eignung eines Indikators zur Abbildung von Zusammenhängen und über den Deutungskontext
Praktische Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Datenverfügbarkeit - Möglichkeit regelmäßiger Aktualisierung - vertretbarer Aufwand der Datenbeschaffung

Quellen: Walz et al. 1996; SRU, 1998; Opschoor, Reijnders 1991; Lüdeke, Reusswig 1999; UK Department of the Environment 1996; eigene Ergänzungen

Die Frage der Verdichtung ist eines der zentralen Probleme, mit denen man bei der Entwicklung von Indikatorensystemen konfrontiert ist. Der notwendig Grad der Verdichtung hängt dabei von den Verwendungszusammenhängen eines Indikatorensystems ab. Für die Politik und die öffentliche Kommunikation über Nachhaltigkeit ist zum Beispiel ein hoher Verdichtungsgrad erforderlich, während z.B. für wissenschaftliche Analysen ein geringerer Verdichtungsgrad adäquat sein dürfte. Man kann in diesem Zusammenhang auch von einer Hierarchie von Indikatoren sprechen, die unterschiedlichen Zwecken oder Nutzen dienen (vgl. Abb. 2).

die Treibhausgasproblematik einen aggregierten Indikator bilden, indem man die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase mittels ihrer Global Warming-Potentiale aggregiert, oder die CO₂-Emissionen als Schlüsselindikator auswählen, weil sie gegenwärtig den deutlich überwiegenden Teil der Treibhausgasemissionen ausmachen. Bei der Bildung aggregierter Indikatoren darf allerdings nicht verkannt werden, dass es nur wenige Bereiche gibt, in denen dies relativ einfach in wissenschaftlich befriedigender Weise möglich ist. Wo solche Aggregationen über physikalische oder chemische Eigenschaften nicht möglich sind, gehen in Aggregationen oft umstrittene Quantifizierungen und Gewichtungen ein. Dies trifft ins-

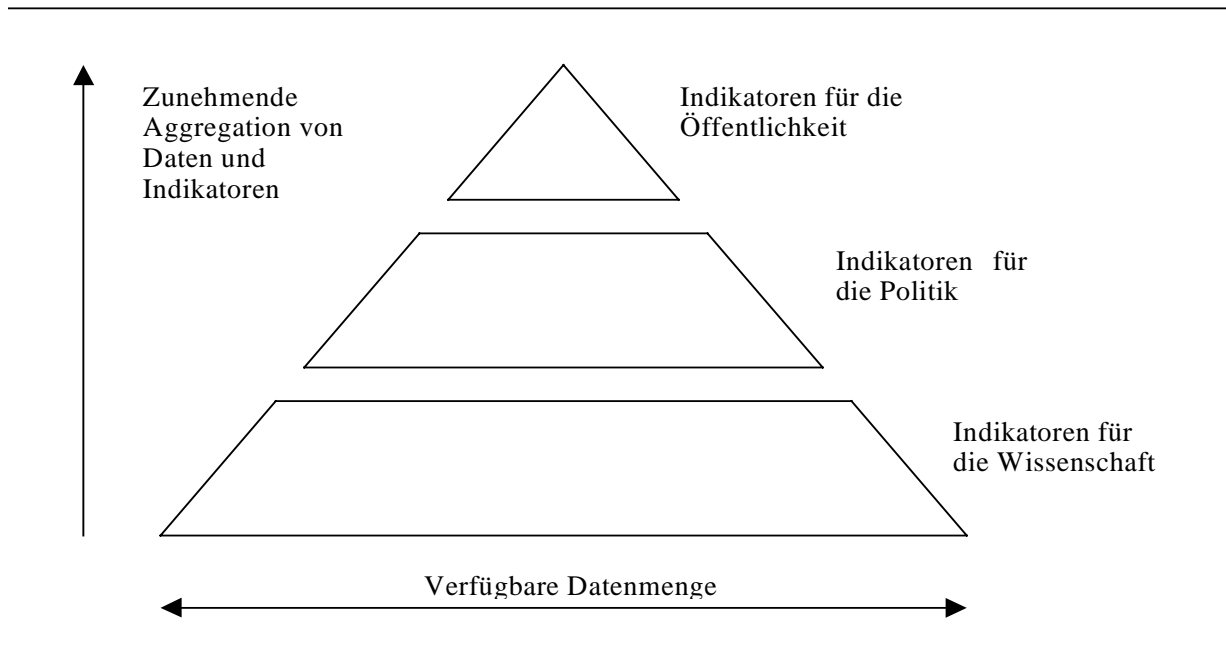
besondere auf solche Versuche zu, die darauf ausgerichtet sind, das Bruttosozial- bzw. -inlandsprodukt als inzwischen stark kritisier-tem Wohlstandsindikator durch einen einzigen Nachhaltigkeitsindikator bzw. -Index zu ersetzen, wie z.B. der von Daly und Cobb (1991) entwickelte „Index of Sustainable Economic Welfare“ (ISEW).

Als weiteres wesentliches Anforderungsmerkmal ist der Zielbezug von Indikatoren anzusehen. Nachhaltigkeitsindikatoren sollten von vornherein auf Zielvorstellungen für eine nachhaltige Entwicklung bezogen werden. Nur bei entsprechendem Zielbezug können sie un-

z.B. in der sozialen und institutionellen Dimension.

Die Entwicklung von Nachhaltigkeitszielen und -indikatoren ist als ein simultaner Prozess anzusehen, indem zunächst qualitative Zielvorstellungen für eine nachhaltige Entwicklung entwickelt werden, diesen geeignete Indikatoren zugeordnet werden und in einem nächsten Schritt, soweit möglich, quantitative Nachhaltigkeitsziele, bezogen auf diese Nachhaltigkeitsindikatoren, abgeleitet werden, d.h. als Sollwerte für Indikatorwerte. Eine solche Vorgehensweise wird auch im HGF-Vorhaben gewählt.

Abb. 2: Nachhaltigkeitsindikatoren: Zusammenhang von Datenmenge, Aggregationsgrad und Nutzertypen



Quelle: Mitchell 1996; zit. nach Jischa, 1999

mittelbar als Instrument zur Überprüfung des Entwicklungsverlaufs einer Gesellschaft eingesetzt werden (SRU, 1998, S. 94). Verschiedentlich wird sogar gefordert, dass sie von vornherein als Soll-Ist-Indikatoren bzw. "Distance-to-Target"-Indikatoren formuliert werden sollten (z.B. Opschoor, Reijnders, 1991, S. 9). Dies würde natürlich voraussetzen, dass bereits quantifizierte Nachhaltigkeitsziele vorliegen, was jedoch in Deutschland und auch in anderen Ländern keineswegs der Fall ist, und in vielen Fällen dürfte eine Quantifizierung von Nachhaltigkeitszielen auch kaum möglich sein,

Vorliegende Systeme von Nachhaltigkeitsindikatoren

Die Forschung zu Nachhaltigkeitsindikatoren ist gegenwärtig stark im Fluss. Aktivitäten finden auf verschiedenen Ebenen statt, insbesondere auch auf der kommunalen Ebene im Rahmen von lokalen Agenda 21-Prozessen. Hier sollen einige konzeptionelle Aspekte vorliegender Indikatorensysteme, die für die nationale Ebene entwickelt wurden, vergleichend herausgestellt werden.

Sie betreffen

- den inhaltlichen Rahmen von Indikatoren-systemen (indicator framework),
- die zugrundegelegten Indikatorenmodelle und
- den Grad der Aggregation bzw. Verdichtung.

Inhaltlicher Rahmen von Nachhaltigkeits-indikatoren-systemen

Die bisher vorliegenden Systeme von Nachhaltigkeitsindikatoren unterscheiden sich durch das ihnen zugrundeliegende Verständnis des Konzepts einer nachhaltigen Entwicklung; die meisten beziehen sich im wesentlichen auf die ökologische Dimension von Nachhaltigkeit, so die Indikatoren-systeme des Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), einer Nichtregierungsorganisation (SCOPE 1995), der Arbeitsgruppe „Agenda 21/ Nachhaltige Entwicklung“ des Umweltbundes-amtes (UBA 1997), des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt und Energie (Bund, Misereor 1996) und der Akademie für Technikfolgenab-schätzung in Baden-Württemberg (Pfister 1998). Andere Indikatoren-systeme, wie die der UN-Commission on Sustainable Development (CSD), das Nachhaltigkeitsindikatoren-system des Vereinigten Königreichs (UK Department of the Environment 1996) und das Indikatoren-system des US President's Council on Sustainable Development, formulieren dagegen in mehr oder weniger großer Detaillierung auch Indikatoren für die ökonomische, soziale und institutionelle Dimension der Nachhaltigkeit.

Der umfassendste Ansatz der bisher vor-liegenden Indikatoren-systeme ist zweifellos das Indikatoren-system der CSD mit 130 Indikato-ren. Den inhaltlichen Rahmen hierfür bilden die Ziele und Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung, wie sie in den verschiedenen Kapiteln der Agenda 21 formuliert sind. Die CSD untergliedert ihr Indikatoren-system nach den vier Dimensionen von Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie, Soziales und Institutionelles. Die CSD versteht ihren Indikatoren-an-satz als Auswahlmenü, aus dem die verschie-denen Länder die für den Kontext ihres Landes geeigneten Indikatoren auswählen können. Damit soll ein Kompromiss zwischen der in-ternationalen Konsistenz bzw. Vergleichbarkeit

der Indikatoren und ihrer nationalen Kontextu-alisierung, für die eine Reflektierung unter-schiedlicher nationaler inhaltlicher Schwer-punkte und nationaler Datenverfügbarkeit not-wendig ist, geboten werden (Walz et al. 1996, S. 309). Die CSD führt gegenwärtig eine Pilot-phase durch, in der in einigen Ländern eine praktische Erprobung des Indikatoren-systems erfolgen soll. An dieser Pilotphase beteiligt sich auch Deutschland. Die Ergebnisse über die Pilotphase in Deutschland zeigen, dass kon-textuelle Anpassungen für Deutschland erfor-derlich waren. Dies manifestiert sich in Strei-chungen und Hinzufügungen von Indikatoren (BMU 1999).

Das britische Indikatoren-system und das Indikatoren-system des US President's Council on Sustainable Development ähneln im Ansatz dem Vorgehen, das im HGF-Vorhaben vorge-sehen ist. Den inhaltlichen Rahmen beim briti-schen Indikatoren-system bilden Regeln für eine nachhaltige Entwicklung. Dabei werden die bekannten Regeln zur Nutzung erneuerbarer und nicht-erneuerbarer Ressourcen und zur Tragekapazität sowie zum Schutz der mensch-lichen Gesundheit zugrundegelegt, darüber hinaus eine Regel zu einer nachhaltigen öko-nomischen Entwicklung. Eine weitere Unter-gliederung der Indikatoren innerhalb der Re-gelstruktur erfolgt dann nach Themen- oder Problembereichen. Die soziale und institu-tionelle Dimension von Nachhaltigkeit bleibt dabei allerdings weitgehend ausgeblendet.

Indikatormodelle

Im Bereich von Umweltindikatoren-systemen setzt sich zunehmend das Pressure-State-Response-Indikatoren-modell der OECD (PSR-Modell) durch. Dieses Modell unterscheidet zwischen Belastungsindikatoren (pressure), die die Belastung der Umwelt durch menschliche Aktivitäten indizieren, Zustandsindikatoren (state), die die Qualität der Umwelt beschrei-ben, sowie Reaktionsindikatoren (response), die gesellschaftliche Reaktionen auf die Um-weltprobleme erfassen. Beispiele für solche Indikatoren im Falle der Klimaproblematik wären die CO₂-Emissionen oder die Emissio-nen von Treibhausgasen insgesamt (aggregiert über Global Warming-Potentiale) als Pressu-reindikatoren, die gegenwärtige atmosphäri-

sche Konzentration von Treibhausgasen oder die globale Mitteltemperatur als State-Indikator und die Forschungsausgaben zur Erhöhung der Energieeffizienz bei der Nutzung fossiler Energieträger als ein Beispiel für einen Responseindikator. Das PSR-Modell ist in erster Annäherung ein kausales Konzept; so formuliert die OECD: „The PSR-framework is based on a concept of causality: human activities exert pressures on the environment and change its quality and its quantity of natural resources. Society responds to these changes through environmental, general economic and sectoral policies“ (OECD 1994, S. 9). Andererseits weist die OECD darauf hin, dass die Interaktionen von Mensch und Umwelt wesentlich komplexer sind, als sie in einem einfachen Pressure-State-Response-Rahmen dargestellt werden können (OECD 1994, S. 9).

Viele der vorliegenden Systeme von Nachhaltigkeitsindikatoren basieren implizit oder explizit auf dem Pressure-State-Response-Modell der OECD, so insbesondere auch das System der CSD mit seinem Driving force-State-Response (DSR)-Ansatz, wobei jedoch die wenigsten Ansätze eine explizite Zuordnung der vorgeschlagenen Indikatoren zu diesen drei Typen von Indikatoren vornehmen. Oft werden auch Pressureindikatoren zugleich als State-Indikatoren verwendet, wenn sich ein geeigneter State-Indikator nicht formulieren lässt. Der US President's Council on Sustainable Development verwendet das PSR-Modell nicht, sondern formuliert Fortschrittsindikatoren (indicators of progress), bei denen jeweils die gewünschte Richtung für die zeitliche Entwicklung des Indikators angegeben wird.

Generell zeigt sich, dass sich das für Umweltindikatoren entwickelte PSR-Modell nicht nahtlos auf die ökonomische, soziale und institutionelle Dimension übertragen lässt. Dies zeigt sich u.a. darin, dass es selbst der CSD in vielen Fällen nicht gelungen ist, dieses Konzept durchzuhalten und Indikatoren aller drei Typen zu formulieren. Generell scheint der DSR-Ansatz zu einfach, um die komplexen Wech-

selwirkungen (interlinkages) zwischen den verschiedenen Dimensionen abzubilden.

Der Grad der Aggregation bzw. Verdichtung

Abgesehen von einigen Versuchen, einen Maßstab zur „Messung“ von Nachhaltigkeit in Form eines einzigen Index zu entwickeln, z.B. der „Approximated Sustainability Index“ (ASI) von Gutiérrez-Espelate (1994) und der „Index of Sustainable Economic Welfare“ (ISEW) von Daly und Cobb, verzichten die meisten Indikatorensysteme weitgehend auf Aggregation und versuchen, die Zahl der Indikatoren auf ein akzeptables Maß zu beschränken, indem sie Leitindikatoren auswählen. Dementsprechend schwankt die Zahl von Indikatoren in solchen Systemen erheblich.

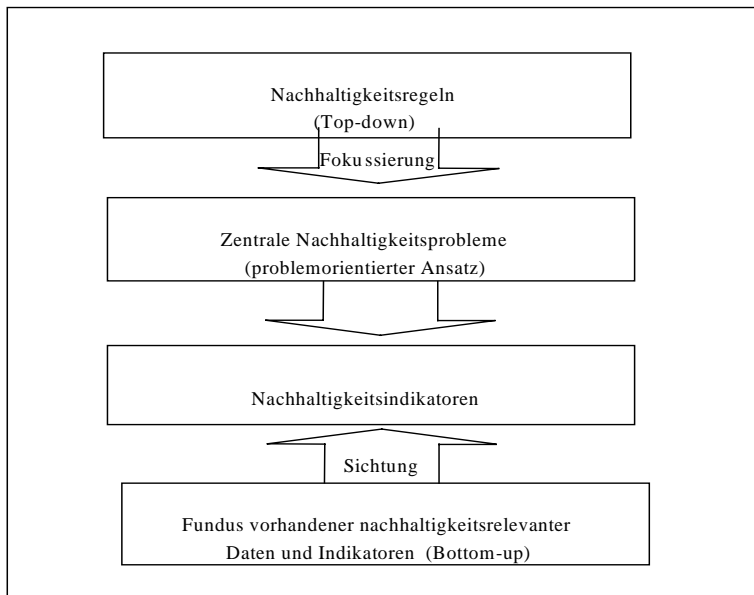
Nationale Indikatoren stellen natürlich bereits Aggregationen über die räumliche Ebene dar; die meisten Indikatorensysteme verzichten bisher auf eine räumliche Disaggregation. Dadurch besteht die Gefahr, dass regionale oder räumlich-spezifische Nachhaltigkeitsrisiken verdeckt werden. Deshalb erscheint eine räumliche Disaggregation in spezifischen Fällen wünschenswert und ist für regionale Fallstudien unerlässlich (s. den folgenden Beitrag von *Backhaus* und *Weiers*).

Zum Vorgehen bei der Indikatorenbildung im HGF-Vorhaben

Zur Entwicklung eines Indikatorensystems werden im HGF-Vorhaben ein Top-down-Ansatz, ein problemorientierter Ansatz und ein Bottom-up-Ansatz verknüpft (siehe Abb.3).

Der Top-down Ansatz bedeutet zunächst, dass die in diesem Vorhaben entwickelten Regeln zur Nachhaltigkeit den inhaltlichen Rahmen des Indikatorensystems bilden werden. Das heißt, den Regeln werden Indikatoren zugeordnet, wobei bei der Auswahl der Indikatoren der nationale Kontext Deutschlands bereits berücksichtigt wird.

Abb. 3: Vorgehen bei der Indikatorenbildung



Der problemorientierte Ansatz dient der Fokussierung des Indikatorenansatzes auf zentrale in der Öffentlichkeit oder der Wissenschaft diskutierte Probleme der Nachhaltigkeit, d.h. eine Liste als zentral angesehener Nachhaltigkeitsprobleme dient als Filter zur Reduktion der Komplexität und damit der Zahl der Indikatoren für das Indikatorensystem.

Der Bottom-up-Ansatz bedeutet, dass für die Auswahl der Indikatoren zunächst eine Sichtung des vorliegenden umfangreichen statistischen Materials aus der Wirtschafts-, Sozial- und Umweltberichterstattung sowie der vorliegenden Nachhaltigkeitsindikatorensysteme erfolgt und dadurch gleichzeitig die Datenverfügbarkeit und der Aufwand der Datenbeschaffung geprüft werden. Dies schließt nicht aus, dass durch das Top-down-Vorgehen auch ein Bedarf für Indikatoren deutlich werden kann, für die bisher keine geeignete Datenbasis vorliegt.

Bezüglich des Indikatorenmodells ist ein flexibles Vorgehen vorgesehen, wobei, soweit möglich oder sinnvoll, dem Driving-force-State-Response-Modellansatz gefolgt werden soll.

Auf Aggregation wird weitgehend verzichtet, eine angemessene Beschränkung der

Indikatorenzahl wird durch Auswahl von Leitindikatoren angestrebt.

Literatur

BMU (Bundesministerium für Umwelt), 1999: Erprobung der CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland. Zwischenbericht der Bundesregierung. 2. überarbeiteter Entwurf. Juni 1999, unveröffentlicht.

http://www.bmu.de/infos/download/dateien/csd_01.PDF

BUND, MISEREOR (Hrsg.), 1996: Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung (Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie), Basel, Boston, Berlin.

Daly, H. E.; Cobb, C., 1991: Der „Index of Sustainable Economic Welfare“ oder: Hat die Wohlfahrt in der Gesellschaft wirklich zugenommen? In: Dieffenbacher, H.; Habicht-Erenler, S. (Hrsg.): Wachstum und Wohlstand: neuere Konzepte zur Erfassung der Sozial- und Umweltverträglichkeit. Metropolis-Verlag, Marburg

Gutiérrez-Espelate, 1994: The Approximated Sustainability Index: A Tool for Evaluating Sustainability National Performance. Contribution to the Network Seminar on Sustainable Development by NEF. University of Costa Rica.

Jischa, M., 1999: Technikfolgenabschätzung in Lehre und Forschung. In: Petermann, T.; Coenen, R. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung in Deutsch-

land – Bilanz und Perspektiven. Campus Verlag, Frankfurt/Main, New York.

Lüdeke, M.; Reusswig, F., 1999: Das Dust-Bowl-Syndrom in Deutschland. Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam.

OECD, 1994: Environmental Indicators – OECD Core Set. OECD, Paris; siehe auch die Indikator-Webseite der OECD:

<http://www.oecd.org/env/indicators/index.htm>

Opschoor, H.; Reijnders, L., 1991: Towards sustainable development indicators. In: Kuik, O.; Verbruggen, H.: In Search of Indicators of Sustainable Development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

Pister, G., 1998: Ein Konzept zur Messung einer nachhaltigen Entwicklung. In: Knaus, A.; Renn, O.: Den Gipfel vor Augen – Unterwegs in eine nachhaltige Entwicklung. Metropolis-Verlag, Marburg

SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), 1995: Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development. Discussion Paper of the Workshop „International Consultation of Sustainable Development Indicators“, Ghent. Bureau du Plan, Bruxelles.

SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen), 1998: Umweltgutachten 1998. Metzler-Poeschel, Stuttgart

The President's Council on Sustainable Development, 1996: Sustainable America – A New Consensus for the Future. US Government Printing Office, Washington.

<http://www.whitehouse.gov/PCSD/Publications/TFReports/amer-top.html>

UBA (Umweltbundesamt), 1997: Nachhaltiges Deutschland: Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Bericht der Arbeitsgruppe „Agenda 21/Nachhaltige Entwicklung“ im Umweltbundesamt. E. Schmidt, Berlin

UK Department of the Environment, 1996: Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom. HMSO, London.

<http://www.environment.detr.gov.uk/epsim/indics/index.htm>

Walz, R. et al., 1996: Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe.

Kontakt

Reinhard Coenen
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS)
Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe

Tel.: + 49 (0) 7247 - 82 25 09

Fax: + 49 (0) 7247 - 82 48 06

E-Mail: Coenen@itas.fzk.de

«

Der Raumbezug von Nachhaltigkeitsindikatoren

von Robert Backhaus und Stefan Weiers,
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Implementierung eines Systems von Nachhaltigkeitsindikatoren wirft auch Fragen nach ihrer räumlichen Differenzierung auf. Insbesondere in der ökologischen Dimension können gravierende Nachhaltigkeitsrisiken aus ungünstigen räumlichen Verteilungen der Landnutzung und -bedeckung resultieren. Daher wurde im Rahmen der HGF-Vorstudie untersucht, inwieweit der räumliche Bezug von Indikatoren für ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung relevant ist und welche Schlussfolgerungen sich für die Operationalisierung des Konzepts ergeben.

Räumliche Explizitheit vs. statistische Aggregation

Die Definition von Nachhaltigkeitsindikatoren stützt sich bisher überwiegend auf räumlich mehr oder weniger verteilungsfreie oder gering auflösende Parameter mit administrativem Flächenbezug. Es überwiegen statistische Indikatoren aus den Bereichen Produktion, Konsum und Flächennutzung. In der ökologischen Dimension kommen raum-zeitliche Mittelwerte von medienbezogenen Schadstoffkonzentrationen und Emissionsraten hinzu, die wiederum teilweise aus produktions- bzw. konsumstatistischen Daten hergeleitet und in Bezug zu unter Laborbedingungen ermittelten Grenzwerten gesetzt werden.

Demgegenüber bestehen offensichtlich diagnostische Defizite bei der Erfassung solcher Nachhaltigkeitsrisiken, die primär durch spezifische räumliche und zeitliche Muster von Landschafts- und Landnutzungsstrukturen verursacht werden. Dabei ist für die Bundesrepu-