

Indikatoren für Nachhaltigkeit

RENATE SCHUBERT*

1. ZUR BEDEUTUNG VON NACHHALTIGKEIT

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist die Nachhaltigkeits-«Definition», wie sie im Brundtland-Bericht aus dem Jahr 1987 zu finden ist. Dort heisst es: «Sustainable development is a development that meets the needs of the present without comprising the ability of future generations to meet their own needs» (WCED 1987, 43).

Die eben genannte Umschreibung von Nachhaltigkeit hat mittlerweile einen hohen Bekanntheitsgrad erreicht. Dies ist wohl nicht zuletzt auf ihren zentralen Vorteil zurückzuführen: Nachhaltigkeit wird hier in einer Weise «präzisiert», die in hohem Mass konsensfähig ist. Für Vertreter verschiedenster Länder, Parteien oder sonstiger Interessengruppen ist es zweifellos akzeptabel, sich für eine Entwicklung einzusetzen, die heutigen *und* künftigen Generationen die Befriedigung ihrer Bedürfnisse ermöglicht. Wegen dieser Eigenschaft, für Konsens in Sachen Nachhaltigkeit zu sorgen, ist die Brundtland-Definition zu Recht hoch gelobt worden. Schliesslich hat sie damit einen wesentlichen Beitrag dazu geleistet, dass Nachhaltigkeit zu einem «salonfähigen» Thema geworden ist, das mittlerweile im nationalen und internationalen Dialog eine wichtige Rolle spielt.

Zugleich wohnt der Brundtland-«Definition» jedoch auch eine gravierende Schwäche inne. Die oben erwähnte Umschreibung von Nachhaltigkeit ist nämlich vor allem deshalb so konsensfähig, weil sie hinreichend unpräzise ist, so dass verschiedene Länder, Parteien oder sonstige Interessengruppen ganz unterschiedliche Inhalte mit ein und derselben Umschreibung vereinbaren können. So klug die geringe inhaltliche Präzisierung polit-ökonomisch sein mag, so problematisch ist sie aber auf der anderen Seite, macht sie doch eine unmittelbare Operationalisierung unmöglich.

Jegliche nähere Beschäftigung mit Nachhaltigkeit muss daher mit dem Versuch beginnen, eine geeignete Präzisierung vorzunehmen. Wie erwähnt, ist hierbei davon auszugehen, dass es – je nach zugrunde liegendem Wertesystem – unterschiedliche «geeignete» Präzisierungen gibt. Damit hat man bei jeder näheren Beschäftigung mit der Nachhaltigkeitsthematik immer mit dem Problem zu kämpfen, dass bereits bei der Festlegung, was man unter Nachhaltigkeit genau verstehen will, berechtigter Weise unterschiedliche Standpunkte auftauchen. Es geht also nicht nur darum, zu versuchen möglichst aussichtsreiche Strategien zur Umsetzung von Nachhaltigkeit zu konzipieren, sondern zunächst eine Präzisierung der Brundtland-«Definition» vorzunehmen, die eine möglichst breite Akzeptanz findet. Dabei muss eine solche Präzisierung unter anderem

* ETH Zürich

die Klärung folgender Fragen beinhalten: *Wer* ist die «present generation»? *Wer* ist die future generation? *Welches* sind die gegenwärtigen Präferenzen und wer kennt sie? *Welches* sind die künftigen Präferenzen und wer kennt sie? *Welches* sind künftige Produktions- und Konsumtechnologien und wer kennt sie?

Ein Präzisierungversuch, der in einer breiten Öffentlichkeit bereits relativ viel Beachtung und auch Anerkennung gefunden hat, und der damit auch die Basis für eine Operationalisierung von Nachhaltigkeit darstellen könnte, ist das im Jahr 1995 veröffentlichte Weltbankkonzept (SERAGELDIN 1995). Die hier vertretene Grundidee lässt sich mit dem folgenden Zitat umschreiben: «Sustainability is to leave future generations as many opportunities as, if not more, we had ourselves.» (SERAGELDIN 1995, 5). Auch diese Grundidee ist zunächst noch präzisierungsbedürftig. Für eine entsprechende Präzisierung hat aber die Weltbank selbst bereits gesorgt, indem sie nämlich vorschlägt, von Nachhaltigkeit in dem Sinne zu sprechen, dass das *Pro-Kopf-Gesamtvermögen* eines Landes oder einer Region nicht schrumpft. Dabei soll unter dem Gesamtvermögen der Wert der Summe von vier verschiedenen Arten des Gesamtvermögens verstanden werden, nämlich des Humankapitals, des Naturkapitals, des produzierten Kapital (man-made capital) sowie des Sozialkapitals. Mit Sozialkapital ist der Wert aller Institutionen im Sinne von «Spielregeln» und Normen innerhalb einer Gesellschaft gemeint. Nachhaltigkeit hat im Sinne dieser Konkretisierung also mindestens eine sozio-ökonomische und eine ökologische Komponente. Nachhaltigkeit orientiert sich am Pro-Kopf-Vermögen, um damit dem potentiellen Bevölkerungswachstum von Gesellschaften Rechnung tragen zu können. Dies ist insbesondere mit Blick auf Entwicklungsländer sinnvoll und wichtig.

Will man nun auf der Grundlage dieser Präzisierung eine Operationalisierung von Nachhaltigkeit vornehmen, so sind noch eine Reihe weiterer Fragen zu klären. Sie lassen sich grob in drei Kategorien aufteilen (vgl. hierzu etwa SERAGELDIN 1995; ATKINSON et al. 1997, 8 ff.):

- Fragen nach den zulässigen Substitutionen von Kapital

Im Hinblick auf zulässige Substitutionen wird üblicherweise unterschieden zwischen

1. Nachhaltigkeit im starken Sinn, was bedeutet, dass man nur dann von nicht schrumpfendem Pro-Kopf-Gesamtvermögen sprechen darf, wenn jede der vier Kapitalarten für sich genommen nicht schrumpft,
2. Nachhaltigkeit im schwachen Sinn, was bedeutet, dass man von nicht schrumpfendem Pro-Kopf-Gesamtvermögen selbst dann sprechen darf, wenn eine der vier oben genannten Kapitalarten vollständig durch einen entsprechenden Wertzuwachs bei einer anderen Kapitalart ersetzt wird, und
3. «Vernünftige» Nachhaltigkeit («sensible sustainability»), was bedeutet, dass «gewisse» Substitutionen zwischen den vier verschiedenen Kapitalarten als mit Nachhaltigkeit vereinbar angesehen werden. Vielfach ist in diesem Zusammenhang auch von sogenannten «safe minimum standards» die Rede.

Eine Konkretisierung dessen, was an Substitutionen für zulässig gehalten wird bzw. was nicht, soll sich dabei im wesentlichen aufgrund naturwissenschaftlicher Überlegungen ergeben. Kriterien in diesem Zusammenhang könnten etwa die Mindestqualität von Wasser sein, die erforderlich ist, um das Überleben eines vorgegebenen Prozentsatzes an im Wasser lebenden Tieren und Pflanzen zu garantieren, der Mindestbestand bestimmter Tier- und Pflanzenarten, die für das Überleben eines bestimmten Prozentsatzes anderer Tier- und Pflanzenarten erforderlich ist o.ä. Es zeigt sich allerdings auch in diesem Zusammenhang, dass die genaue Festlegung der für zulässig gehaltenen Substitutionen nur mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und ohne gesellschaftliche Wertungen nicht auskommt. Dies bedeutet aber im Grunde nichts anderes, als dass man das Problem der Fixierung von Werturteilen von der oben genannten auf eine vorgelagerte Ebene verschoben hat.

- Fragen nach der räumlichen Abgrenzung

Hier geht es vor allem darum, den räumlichen Gültigkeitsbereich für den Nachhaltigkeitsbegriff zu spezifizieren. Je nach der genauen Fragestellung kann es Sinn machen, ein weiter oder weniger weit abgegrenztes Gebiet zu betrachten und sich dafür zu interessieren, ob das Pro-Kopf-Gesamtvermögen innerhalb dieses Gebiets im Zeitverlauf nicht schrumpft. In diesem Sinne könnte man von globaler oder lokaler Nachhaltigkeit sprechen. Es leuchtet unmittelbar ein, dass die Frage, ob man von Nachhaltigkeit im Sinne nicht schrumpfenden Pro-Kopf-Gesamtvermögens sprechen kann oder nicht, unter anderem entscheidend von der räumlichen Abgrenzung abhängt. Lässt man gewisse Substitutionen zwischen den vier genannten Kapitalarten zu, so wird die Wahrscheinlichkeit, dass man von Nachhaltigkeit sprechen kann, tendenziell steigen mit einer Vergrößerung des betrachteten Gebiets. Dies ist dadurch zu erklären, dass in einem grösseren Gebiet die Chancen auf kompensierende Substitutionen einer in ihrem Wert verkleinerten Kapitalart grösser sind.

Wichtig ist dabei, dass auch die Entscheidung über die zu wählende räumliche Abgrenzung eine Werturteilsentscheidung ist, und als solche stets sehr explizit getroffen werden sollte.

- Fragen nach der zeitlichen Abgrenzung

Nicht nur der räumliche, sondern auch der zeitliche Bezugsrahmen für die jeweilige Nachhaltigkeitsbetrachtung ist bewusst – und per Werturteil – festzulegen. Auch hier kann man sich leicht vorstellen, dass je nachdem, ob man einen kurz- und mittelfristigen oder einen langfristigen Zeithorizont wählt, unterschiedliche Aussagen über die zeitliche Entwicklung des Gesamtvermögens eines Landes oder einer Regionen re-

sultieren werden. Offen ist dabei allerdings, ob eine Verlängerung des Betrachtungszeitraums tendenziell eher in Richtung auf mehr oder auf weniger Nachhaltigkeit deutet. Einerseits ist bei nämlich kürzerem Betrachtungszeitraum eher davon auszugehen, dass die «gewissen» Grenzen im Bestand der verschiedenen Kapitalien, von denen oben die Rede war, nicht unterschritten werden. Andererseits kann man sich aber auch vorstellen, dass bei einem längeren Zeithorizont die Chancen auf Substitutionen besser werden, weil beispielsweise «genügend» Zeit zur Vergrößerung des Werts des Humankapitalbestands vergangen ist.

Fasst man die hier angestellten Überlegungen zur Bedeutung von Nachhaltigkeit zusammen, so bleibt festzuhalten, dass für eine grobe Festlegung der Bedeutung die Brundtland-«Definition» hinreichend ist. Eine präzisere Definition erfordert die Klärung einer Vielzahl weiterer Fragen und kommt dabei ohne gesellschaftliche Werturteile nicht aus. Ein sinnvolles Gerüst zur Strukturierung entsprechender Fragen scheint durch die Weltbank-Definition von Nachhaltigkeit aus dem Jahr 1995 gegeben zu sein.

Wie erwähnt, ist eine Präzisierung der Bedeutung von Nachhaltigkeit wichtig, wenn man diesen Begriff operationalisieren will. Eine Operationalisierung ist dabei unumgänglich, will man Nachhaltigkeit messen und für eine solche Messung geeignete Indikatoren finden. Wie aus dem folgenden Abschnitt deutlich werden wird, ist die Betrachtung von Nachhaltigkeits-Indikatoren zwingend erforderlich, wenn es um die Evaluierung der Nachhaltigkeitswirkungen bestimmter Aktivitäten geht oder um die Frage, ob zugunsten der Verbesserung bzw. Aufrechterhaltung der Nachhaltigkeit eines Landes oder einer Region bestimmte Massnahmen erforderlich sind bzw. ergriffen werden sollten. Bevor die Frage nach geeigneten Indikatoren näher betrachtet wird, werden nun im folgenden zunächst die Ziele der Verwendung bzw. Konstruktion von Nachhaltigkeits-Indikatoren erörtert.

2. ZIELE VON NACHHALTIGKEITS-INDIKATOREN

Die mit einem Nachhaltigkeits-Indikator verbundenen Ziele können aus den Erwartungen hergeleitet werden, die mit ihrer Existenz bzw. mit ihrer Benutzung verbunden sind. Allgemein werden von einem Nachhaltigkeits-Indikator Informationen zu folgenden Fragen erwartet:

- Hat ein Land bzw. eine Region in der Vergangenheit nachhaltig gewirtschaftet?
- Wird ein Land bzw. eine Region in Zukunft nachhaltig wirtschaften?
- Ist das Ausmass der Nachhaltigkeit in einem Land bzw. in einer Region über die Zeit hin grösser oder kleiner geworden?
- Wirtschaftet ein Land A bzw. eine Region A nachhaltiger oder weniger nachhaltig als ein Land B bzw. eine Region B?
- Wie weit ist der Zustand eines Landes bzw. einer Region von einem «nachhaltigen» Zustand entfernt?

- Erhöht oder verringert eine bestimmte Konsum- oder Produktionsaktivität bzw. eine bestimmte Politik-Massnahme die Nachhaltigkeit eines Landes bzw. einer Region?

Die ersten fünf Fragen dieser nicht abschliessend zu verstehenden Liste sind offensichtlich auf einem Makro-Niveau angesiedelt, die letzte Frage hingegen auf einem Mikro-Niveau. Aus dieser Liste wird bereits deutlich, dass ganz unterschiedliche Informations- bzw. Prognoseziele mit Nachhaltigkeits-Indikatoren verfolgt werden. Daraus folgt unmittelbar, dass es sinnvoll ist, je nach angestrebter Information mit unterschiedlichen Indikatoren zu arbeiten. Versuchte man einen Indikator zu konstruieren, der alle Informationsbedürfnisse simultan decken könnte, wäre der Genauigkeitsgrad der Informationen für die einzelnen Teilbereiche zwangsläufig sehr niedrig und der «Gebrauchswert» eines solchen Indikators wäre eher gering. Es empfiehlt sich daher, der jeweiligen Fragestellung angepasste Indikatoren zu verwenden.

Aus eher pragmatischer Sicht lassen sich folgende Anforderungen an einen Nachhaltigkeits-Indikator formulieren (vgl. hierzu etwa ADRIAANSE 1993; ALFSEN, SAEBO 1993; GOETEYN 1996, 174 ff.; HATCHER 1996, 182 ff., 189 ff.; ATKINSON et al. 1997, 20 ff.; DIEFENBACHER et al. 1997, 77 ff.): Ein Nachhaltigkeits-Indikator sollte so konstruiert sein, dass

- mindestens eine der oben genannten Fragen beantwortet werden kann,
- die mit Hilfe des Nachhaltigkeits-Indikators erzielbaren Aussagen für intertemporale Vergleiche verwendbar sind,
- die mit Hilfe des Nachhaltigkeits-Indikators erzielbaren Aussagen für internationale Vergleiche verwendbar sind,
- Information über Nachhaltigkeit in einer Weise verarbeitet wird, dass Indikator-Werte weder aufgrund zu grosser Abstraktion inhaltsleer sind noch aufgrund einer Flut von Einzelinformationen nicht sinnvoll interpretierbar sind,
- der Indikator selbst sowie entsprechende Schwellenwerte, welche den Bereich «nachhaltiger» Indikator-Werte vom Bereich «nicht nachhaltiger» Indikator-Werte trennen, von einer breiten Öffentlichkeit akzeptiert sind,
- der erforderliche Daten-Input zu möglichst geringen Kosten verfügbar ist,
- die Berechnungsprozedur für den Indikator zu möglichst geringen Kosten ausgeführt werden kann und
- die Interpretation von konkreten Werten des Nachhaltigkeits-Indikators einfach zu kommunizieren ist.

Aus der Sicht von Überlegungen aus der Index-Theorie lassen sich folgende Erwartungen an einen Nachhaltigkeits-Indikator formulieren:

- Der Indikator sollte sich auf diejenigen Nachhaltigkeitsaspekte beziehen, die jeweils für wichtig gehalten werden. Wie oben ausgeführt wurde, kann es trotz einer gemeinsamen Basis-«Definition» verschiedenartige Präzisierungen des Nachhaltigkeitsbegriffs geben.

- Der Indikator sollte (nicht) sensitiv auf Veränderungen in Aspekten reagieren, die (nicht) wesentliche Elemente des jeweiligen Nachhaltigkeitsbegriffs sind.
- Richtung und Ausmass von Veränderungen in den Werten des Nachhaltigkeits-Indikators sollten der «Intuition» entsprechen.

Auf eine kurze Formel gebracht, sollte ein geeigneter Nachhaltigkeits-Indikator vor allem drei Kriterien erfüllen (vgl. ADRIAANSE 1993, 29, DIEFENBACHER et al. 1997, 78), nämlich «simplification» (d.h. es sollen Sachverhalte im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit deutlich gemacht werden, die sonst nicht oder nicht direkt wahrgenommen werden), «quantification» (d.h. Nachhaltigkeit soll geeignet in eine Masszahl transformiert werden) und «communication» (d.h. der verwendete Indikator soll die Grundlage für politisches Handeln schaffen können und von der öffentlichen Diskussion in positivem Sinne wahrgenommen und akzeptiert werden).

Gerade im Hinblick auf die Bedeutung der Kommunikations- und Akzeptanzaspekte ist davon auszugehen, dass ein Nachhaltigkeits-Indikator die allgemein akzeptierte «Grundkonzeption» von Nachhaltigkeit «geeignet» zum Ausdruck bringen soll. Trotz der Möglichkeit verschiedenartiger Präzisierungen scheint es dabei eine Reihe klarer Merkmale einer solchen allgemein akzeptierten «Grundkonzeption» zu geben. Dazu gehören etwa die folgenden Aussagen:

- Je ausgeprägter die Nachhaltigkeit in einem Land bzw. in einer Region ist, desto höher ist dort das Wohlfahrtsniveau.
- Je mehr Abfälle in einem Land bzw. in einer Region anfallen, desto niedriger ist dort das Nachhaltigkeitsniveau.
- Je mehr Emissionen in einem Land bzw. in einer Region anfallen, desto tiefer ist dort das Nachhaltigkeitsniveau.
- Je intensiver der Abbau natürlicher Ressourcen in einem Land bzw. in einer Region ausfällt, desto niedriger ist dort das Nachhaltigkeitsniveau.
- Je mehr und je grössere (umweltbedingte) Schäden wie etwa Krankheiten, Todesfälle, das Aussterben von Tier- und Pflanzenarten usw. in einem Land bzw. in einer Region auftreten, desto tiefer ist das Nachhaltigkeitsniveau.
- Je mehr «Raubbau» an verschiedenen der oben genannten vier Kapitalarten betrieben wird, desto niedriger ist das Nachhaltigkeitsniveau in dem betreffenden Land bzw. in der Region. Als Beispiele für solchen «Raubbau» mögen ein tiefes Innovations-Niveau, ein tiefes oder verschlechtertes Ausbildungsniveau, das Vorhandensein von Korruption o.ä. dienen.
- Je höher die Preise für Umweltgüter in einem Land bzw. in einer Region sind, desto niedriger wird das Nachhaltigkeitsniveau in diesem Land bzw. in dieser Region in der Vergangenheit gewesen sein. Konsequenz dieses niedrigen Niveaus ist nämlich die Knappheit der entsprechenden Umweltgüter, welche sich in hohen Preisen niederschlägt. Hierbei ist allerdings unterstellt, dass es zumindest partiell zu einer Internalisierung negativer Externalitäten im Umweltbereich kommt. Auf welchem Wege die Internalisierung stattfindet, d.h. vor allem, ob private Verhandlungen oder staatliche

Eingriffe von Bedeutung sind, ist grundsätzlich unerheblich. Hier wird allerdings unterstellt, dass Preisveränderungen der vier erwähnten Kapitalarten bzw. der in ihnen enthaltenen Teilkapitalien ausschliesslich durch explizite Internalisierungsbemühungen staatlicher Instanzen zustande kommen. Sie sind in diesem Sinne also als exogen für das jeweilige sozio-ökonomische bzw. ökologische System anzusehen.

Will man nun auf einen «sinnvollen» Nachhaltigkeits-Indikator hinsteuern, so muss es zunächst darum gehen, eine allgemein akzeptierte Grundkonzeption von Nachhaltigkeit zu modellieren. Auf der Basis einer solchen Modellierung kann dann anschliessend eine Operationalisierung vorgenommen werden, die zu einem konkreten Indikator führt.

Im folgenden wird kurz ein entsprechender Modellierungsvorschlag erläutert. Hauptziel dieses Vorschlags ist es, die erwähnte Operationalisierung zu ermöglichen. Daher ist die Modellierung bewusst einfach gehalten. Damit soll nicht zum Ausdruck gebracht werden, dass die vielfältigen komplexeren Versuche, Nachhaltigkeit zu modellieren nicht für sinnvoll erachtet werden (vgl. dazu etwa FAUCHEUX et al. 1996). Ganz im Gegenteil: hier sind viele wichtige Beiträge geleistet worden. Vielfach sind diese Ansätze jedoch wegen ihrer hohen Komplexität als Grundlage für die Messung von Nachhaltigkeit nicht unmittelbar zu gebrauchen. Daher werden derartige Modellierungen hier nicht näher vorgestellt.

3. MODELLIERUNG EINER GRUNDKONZEPTION VON NACHHALTIGKEIT

Den hier präsentierten Modellierungsüberlegungen liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Es wird von einer Präzisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs im Sinne der «sensible sustainability» der Weltbank-Umschreibung ausgegangen.
- Es wird über die betrachteten Zeitperioden hin nicht diskontiert.
- Es wird von einer fiktiven Endperiode $T \gg 1$ ausgegangen.
- Schäden an den oben genannten vier Kapitalarten, verursacht etwa durch Abfälle, Emissionen, Ressourcenabbau, Gesundheitsschäden o.ä. werden durch $k_{ij}(t) < 0$ symbolisiert, wobei die $k_{ij}(t)$ die Mengenkompente eines Teilkapitals j ($j = 1, \dots, J$) der Kapitalart i ($i = 1, \dots, 4$) in der Zeitperiode t ($t = 1, \dots, T$) darstellen.

Das hier verwendete Modell resultiert aus den im folgenden erläuterten Überlegungen. Dabei sind alle Mengenvariablen wie auch die Wohlfahrt W_t sowie das Gesamtkapital K_t in einer Periode t entsprechend der Weltbank-Präzisierung von Nachhaltigkeit als Pro-Kopf-Grössen definiert. Es wird im folgenden nicht mehr jeweils explizit auf den Pro-Kopf-Charakter der entsprechenden Variablen hingewiesen.

- Die Gesamtwohlfahrt W eines Landes bzw. einer Region während T Perioden soll maximiert werden. Dabei hängt die periodenspezifische Wohlfahrt W_t zunächst vom periodenspezifischen Konsum, dieser aber wiederum von den periodenspezifischen Mengen der vier oben genannten Kapitalarten ab. Unter Auslassung der «Zwischenstufe» der Konsumfunktion kann man die Wohlfahrt in Abhängigkeit von den Kapitalmengen schreiben als:

$$\sum_{t=1}^T W_t = \sum_{t=1}^T W_t \left(\underline{k}_1(t), \underline{k}_2(t), \underline{k}_3(t), \underline{k}_4(t) \right) \stackrel{!}{=} \max. \quad (1)$$

Die $\underline{k}_i(t)$ sind dabei als J -komponentige Vektoren der verschiedenen Teilkapitalien pro Kapitalart zu interpretieren.

Wegen des Verzichts auf Diskontierung kann (1) vereinfacht werden zu (1a):

$$W_t = W_t \left(\underline{k}_1(t), \underline{k}_2(t), \underline{k}_3(t), \underline{k}_4(t) \right) \stackrel{!}{=} \max, \text{ für alle } t = 1, \dots, T. \quad (1a)$$

Die Funktion W_t bringt dabei die «zulässigen» Substitutionsbeziehungen zwischen den Mengen der vier verschiedenen Kapitalarten zum Ausdruck.

- Die Wohlfahrtsmaximierung soll unter drei Nebenbedingungen stattfinden. Zum einen ergibt sich die Menge einer Kapitalart i ($i = 1, \dots, 4$) in einem Zeitpunkt $t+1$ aus der entsprechenden Menge im Zeitpunkt t zuzüglich bzw. abzüglich der Mengenveränderung zwischen den Zeitpunkten t und $t+1$:

$$\underline{k}_i(t+1) = \underline{k}_i(t) + \underline{\Delta k}_i(t) \quad i = 1, \dots, 4. \quad (2)$$

$\underline{k}_i(t)$ und $\underline{\Delta k}_i(t)$ sind dabei wiederum, wie oben, als J -komponentige Vektoren zu interpretieren.

Zum anderen ist zu fordern, dass die Summe der Werte der vier verschiedenen Kapitalien im Zeitablauf nicht kleiner wird:

$$\sum_{i=1}^4 K_i(T) \geq \sum_{i=1}^4 K_i(T-1) \geq \dots \geq \sum_{i=1}^4 K_i(2) \geq \sum_{i=1}^4 K_i(1) =: \bar{K} \quad (3)$$

Und schliesslich ist der Zusammenhang zwischen dem Wert einer Kapitalart i und der Menge der jeweiligen Kapitalart über die Berücksichtigung der jeweiligen Preise herzustellen:

$$K_i(t) = \underline{k}_i(t) \cdot \underline{p}_i(t) \quad \begin{array}{l} \forall i = 1, \dots, 4. \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4)$$

Dabei sind $\underline{k}_i(t)$ und $\underline{p}_i(t)$ erneut als Vektoren von J verschiedenen Teilkapitalien pro Kapitalart zu interpretieren.

Auf der Grundlage der hier vorgestellten Modellierung soll nun im fünften Abschnitt – in Analogie zur Vorgehensweise der ökonomischen Index-Theorie – ein Nachhaltigkeits-Indikator hergeleitet werden. Zuvor wird aber noch ein kurzer Überblick über verschiedene Typen von bereits in der Diskussion befindlichen Nachhaltigkeits-Indikatoren gegeben.

4. VERSCHIEDENE INDIKATOR-TYPEN

Der nun folgende kurze Überblick über einige in der Literatur bereits diskutierte Nachhaltigkeits-Indikatoren beansprucht nicht, vollständig oder abschliessend zu sein. Er soll aber einen Eindruck von den zur Zeit relevanten Überlegungen zur Konstruktion von Nachhaltigkeits-Indikatoren vermitteln. Vor diesem Hintergrund können die im fünften Abschnitt vorgestellten Überlegungen zur Konstruktion eines Nachhaltigkeits-Indikators besser eingeordnet und beurteilt werden.

Es wird hier die folgende Klassifikation von Nachhaltigkeits-Indikatoren vorgeschlagen (vgl. dazu auch GOETEYN 1996, 163 ff.; VOSS 1997; ENDRES, RADKE 1998, 4 ff.):

- Eindimensionale allgemeine Indikatoren.

Hierzu zählen vor allem das Nettosozialprodukt, das aus dem Bruttosozialprodukt durch Berücksichtigung des Wertverzehr an produziertem Kapital hervorgeht, das Ökosozialprodukt, bei dem zusätzlich zum Nettosozialprodukt Wert und Werteverzehr an Umweltgütern berücksichtigt wird, oder der Nachhaltigkeitsindikator von Pearce und Atkinson, der sich aus der gesamtwirtschaftlichen Sparquote abzüglich der Abschreibungsquoten für produziertes Kapital und Naturkapital ergibt. Bemerkenswert ist dabei, dass der zuletzt erwähnte Indikator von Nachhaltigkeit im Sinne des Nicht-Schrumpfens des Naturkapitals ausgeht (vgl. PEARCE, ATKINSON 1993a; PEARCE, ATKINSON 1993 b; ATKINSON et al. 1997, 69 ff.).

- Eindimensionale Indikatoren für bestimmte Problembereiche.

Hier ist vor allem an Indikatoren aus dem Umweltbereich zu denken, etwa an den Flächenverbrauch, den Energieverbrauch, den Verschmutzungsgrad der Atmosphäre, des Wasser oder des Bodens, an Angaben zu Menge oder Qualität von Abfällen (vgl. hierzu etwa EUROSTAT 1997; ENDRES, RADKE 1998, 47 ff.) oder an Angaben zu Material-Inputs von Gütern und Dienstleistungen (vgl. den MIPS-Indikator, d.h. den Indikator der «Material Inputs Per Unit of Service» des Wuppertal Instituts, SCHMIDT-BLEEK 1994).

Neben Indikatoren aus dem Umweltbereich sind auch entsprechende Indikatoren für andere Kapitalarten von Bedeutung, etwa die Alphabetisierungsquote oder die An-

zahl der Patienten pro Arzt als Indikator für den Bereich Humankapital, das Korruptionsausmass oder der Anteil unbezahlter fürsorgender Aktivitäten am Sozialprodukt als Indikator für den Bereich Sozialkapital, usw.

- Mehrdimensionale Indikatoren.

Mehrdimensionale Indikatoren versuchen, mehrere Dimensionen von Nachhaltigkeit simultan zu erfassen. In der Regel stehen dabei die Indikatoren für die verschiedenen Dimensionen unverbunden nebeneinander und sie werden nicht zu einem einzigen Gesamtindikator amalgamiert. Prominente Beispiele für solche Indikatoren-Systeme sind etwa die Pressure-State-Response – Indikatoren der OECD, bei denen für den Umweltbereich Belastungen (Pressure), Zustände (State) und Reaktionen (Response) erfasst werden, das kanadische Stress-Response Environmental Statistical System, die Umweltökonomische Gesamtrechnung des Deutschen Statistischen Bundesamtes, bei der die traditionelle Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung um sogenannte Satellitensysteme ergänzt wird, welche die Wechselwirkungen zwischen der natürlichen Umwelt und dem Wirtschaftssystem beschreiben oder ein ähnliches Satellitensystem der UNO, genannt SEEA, d.h. System for Integrated Environmental and Economic Accounting (vgl. hierzu etwa CONSTANZA, WAINGER 1991; MURRAY 1991; OECD 1991; STAHRER 1991; UN 1993; BAKKES et al. 1994; OECD 1994; RADERMACHER, STAHRER 1994; Beirat zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung 1995; CANSIER 1995; RADERMACHER, STAHRER 1995; GOETEYN 1996; PFISTER, RENN 1996; ATKINSON et al. 1997, 33 ff., 69 ff., 201 ff.).

Auch die Kommission für nachhaltige Entwicklung (CSD) der Vereinten Nationen versucht derzeit, ein Indikatorsystem zu entwickeln. Gegenwärtig besteht es aus 134 Einzelindikatoren, gegliedert nach ökonomischen, sozialen, ökologischen und institutionellen Kategorien. Die 134 Einzelindikatoren sollen zunächst auf der Ebene einzelner Staaten getestet werden und nach einer Testphase im Jahr 1999 verbindlich eingeführt werden (vgl. etwa TRZYNA 1995). Der Human Development Indicator (HDI), der seit Beginn der neunziger Jahre von UNDP berechnet wird, ist ebenfalls als mehrdimensionaler Nachhaltigkeits-Indikator anzusehen (vgl. etwa UNDP 1997). Er berücksichtigt allerdings nur drei der oben erwähnten vier Kapitalarten, nämlich das Humankapital, das produzierte Kapital und das Sozialkapital. Umweltaspekte gehen in den HDI nicht ein.

Die Zahl möglicher ökologischer, ökonomischer und sozialer Indikatoren, die im Rahmen eines Indikatorsystems sinnvoll berücksichtigt werden könnten, wird in der Literatur mit zwischen 15 und 150 angegeben (vgl. GOSSELIN 1993; DIEFENBACHER et al. 1997, 81 ff.; JESINGSHAUS 1997; RENNINGS, HOHMEYER 1997, 58 ff.). Dabei ist davon auszugehen, dass eine sinnvolle Interpretation der Aussagen eines Indikatorsystems umso schwieriger wird, je mehr unterschiedliche Teilindikatoren das System

enthält. Dies ist vor allem auf die vielfältigen Interdependenzen der Teilindikatoren sowie auf Schwierigkeiten beim Versuch einer Aggregation zurückzuführen.

Bisher konnte sich noch keiner der genannten Indikatoren überzeugend durchsetzen. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass einerseits die eindimensionalen Indikatoren jeweils nur Teilaspekte der gesamten Nachhaltigkeitsthematik erfassen können, andererseits die mehrdimensionalen Indikatoren Gesamtaussagen für einen interregionalen oder intertemporalen Vergleich von Nachhaltigkeitsniveaus kaum zulassen. Darüber hinaus besteht ein Problem darin, dass alle genannten Indikatoren in der Regel keine Aussagen über zulässige Substitutionsbeziehungen zwischen den verschiedenen Kapitalarten enthalten. Dies wäre aber, wie oben ausgeführt wurde, im Hinblick auf eine klare Begriffsbildung in Sachen Nachhaltigkeit von zentraler Bedeutung.

Im folgenden wird nun ausgeführt, ob und inwieweit Überlegungen aus einem anderen Bereich, in dem mit Indikatoren gearbeitet wird, nämlich aus dem Bereich der Messung von Lebenshaltungskosten, im Zusammenhang mit der Messung von Nachhaltigkeit eine Rolle spielen können.

5. EIN NACHHALTIGKEITS-INDEX: ANALOGIE ZUM LEBENSHALTUNGS-KOSTEN-INDEX

Im folgenden geht es um den Versuch, Gedanken aus der Messung von Lebenshaltungskosten auf die Messung von Nachhaltigkeit zu übertragen. Damit sollen die bisherigen Ansätze zur Konstruktion von Nachhaltigkeits-Indikatoren weder ersetzt noch überflüssig gemacht werden. Vielmehr soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, wie man sich auf einem mittleren Aggregationsniveau und unter Berücksichtigung von Annahmen über zulässige Substitutionsbeziehungen in Richtung auf ein praktikables Messkonzept bewegen kann.

Die Übertragung von Gedanken aus der Messung von Lebenshaltungskosten auf die Messung von Nachhaltigkeit drängt sich wegen der Analogien in der zugrunde liegenden Fragestellung bzw. Modellierung auf. In beiden Fällen geht man nämlich davon aus, dass der Einsatz bestimmter Mengen (Gütermengen im Fall der Lebenshaltungskosten, Kapitalmengen im Fall der Nachhaltigkeit) Nutzen oder Wohlfahrt stiftet. Man interessiert sich nun für diejenigen Nutzen- oder Wohlfahrtsveränderungen, die aus einer Veränderung der relativen Knappheiten der verfügbaren Mengen resultieren. Solche Veränderungen von Knappheiten kommen dabei in Form von Preisänderungen (d.h. in Form veränderter Güterpreise oder Kapitalpreise) zum Ausdruck.

Preiserhöhungen ziehen typischerweise Nutzen- oder Wohlfahrtseinbussen nach sich, die qualitativ als Erhöhung der Lebenshaltungskosten bzw. als Verringerung der Nachhaltigkeit zu interpretieren sind. In der Regel ist man nicht in der Lage, derartige Nutzen-

oder Wohlfahrtseinbussen zu quantifizieren und sie auf diese Weise intertemporal oder interregional vergleichbar zu machen. Im Zusammenhang mit der Messung der Veränderung von Lebenshaltungskosten behilft man sich daher mit einer alternativen theoretischen Konstruktion. Man versucht nämlich denjenigen Einkommensbetrag zu ermitteln, den die betrachtete Personengruppe zusätzlich bräuchte, um trotz der Preiserhöhungen auf ihrem bisherigen (als optimal angesehenem) Nutzenniveau bleiben zu können. Es geht also darum, hypothetische kompensierende Wertzuwächse zu bestimmen, die dafür sorgen, dass die anfänglichen Preiserhöhungen nicht zu Nutzeneinbussen führen. Eine analoge Hilfskonstruktion kann man nun für die Messung der Veränderung von Nachhaltigkeit vorsehen. Es käme in diesem Sinne darauf an, denjenigen Kapitalbetrag zu ermitteln, den die Personen in einem bestimmten Land oder in einer bestimmten Region zusätzlich bräuchten, um trotz einer Erhöhung der Kapitalpreise und der dahinter stehenden Verschlechterung der Nachhaltigkeit für eine Aufrechterhaltung des bisherigen (maximal möglichen) Wohlfahrtsniveaus zu sorgen.

Bei den folgenden Überlegungen zur Analogie zwischen der Messung von Lebenshaltungskosten und von Nachhaltigkeit wird für die Modellierung von Nachhaltigkeit auf das im dritten Abschnitt beschriebene Modell zurückgegriffen. Das der Messung von Lebenshaltungskosten zugrunde liegende Modell ist das neoklassische Standardmodell der Haushaltstheorie. Zwischen beiden Modellen sind verschiedene Analogien zu identifizieren.

Im Standardmodell der Haushaltstheorie geht es um die Maximierung des periodenspezifischen Nutzens U_i . Dabei hängt der Nutzen von den Mengen q_i der konsumierten Güter ab, und für die Nutzenmaximierung sind – über die Budgetrestriktion – auch die Güterpreise p_i von Bedeutung. Im Nachhaltigkeitsmodell geht es um die Maximierung der Wohlfahrt W_i . Dabei hängt die Wohlfahrt von den Kapitalmengen bzw. «Faktorausstattungen» k_i ab, und für ihre Maximierung sind – über die Bedingung, dass das Gesamtkapital konstant bleiben soll – auch die Kapitalpreise bzw. «Faktorpreise» p_i von Bedeutung. Interessant und wichtig ist weiterhin, dass sowohl die Wohlfahrtsfunktion als auch die Nutzenfunktion implizit Aussagen über die zulässigen Substitutionsbeziehungen zwischen den Faktorausstattungen bzw. den konsumierten Gütermengen enthalten.

Die zentrale Frage, um die es im Zusammenhang mit der Messung von Lebenshaltungskosten wie auch im Zusammenhang mit der Messung von Nachhaltigkeit geht, kann nun wie folgt umrissen werden: Angenommen, die Preise p_i ($i = 1, \dots, 4$) ändern sich. Welche Veränderung im maximalen Zielfunktionswert, d.h. also welche Veränderung in $U_{i,\max}$ bzw. $W_{i,\max}$ resultiert dann hieraus? Alternativ zu dieser Formulierung lässt sich die Frage auch wie folgt formulieren: Sei ein bestimmtes Niveau von $U_{i,\max}$ bzw. $W_{i,\max}$ gegeben. Welcher zusätzliche Einkommensbetrag $y = \sum q_i \cdot p_i$ bzw. welcher zusätzliche Kapitalbetrag $K = \sum k_i \cdot p_i$ ist dann erforderlich, um trotz angestiegener Preise das alte $U_{i,\max}$ -Niveau bzw. $W_{i,\max}$ -Niveau aufrecht zu erhalten?

Man sieht also, dass tatsächlich für die oben angeführte Modellierung des Nachhaltigkeits-Ansatzes die grundlegenden Fragen im Zusammenhang mit der Konstruktion

eines Indikators zur Messung von Nachhaltigkeit völlig analog formuliert werden können zu den Fragen im Zusammenhang mit der Konstruktion eines Indikators zur Messung von Lebenshaltungskosten (vgl. hierzu DIEWERT 1993a). Daher wird nun im folgenden diskutiert, in wie weit der für die Messung von Lebenshaltungskosten entwickelte «ökonomische Index» geeignet ist, auf den Bereich der Nachhaltigkeitsmessung übertragen zu werden.

Der weiteren Diskussion seien folgende zusätzliche Annahmen zugrunde gelegt:

- W_t sei zeitinvariant, d.h. es gelte $W_t = W$
- Es wird eine komparativ-statische Analyse durchgeführt, d.h. es wird das Nachhaltigkeitsniveau zu zwei verschiedenen Zeitpunkten t und t' miteinander verglichen und – aus Einfachheitsgründen – auf eine explizit dynamische Analyse verzichtet (vgl. dazu etwa ARONSSON et al. 1997, 8 ff.; ENDRES, RADKE 1998, 14 ff.).
- Es wird, ebenfalls zur Vereinfachung, von einem Zwei-Faktoren-Modell ausgegangen, in dem nur zwischen Naturkapital (KN) und Menschen-bezogenem Kapital (KM) unterschieden wird. KM umfasst dabei drei der oben erwähnten Kapitalarten, nämlich das Humankapital, das produzierte Kapital sowie das Sozialkapital, also einfach alle Kapitalarten, die direkten Bezug zu menschlichem Handeln haben. Das Kapital in der Periode t' soll gerade gleich gross sein wie das Kapital in t ; es betrage $\bar{K}$.

Mit diesen Annahmen reduziert sich die oben vorgestellte Modellierung einer Grundkonzeption von Nachhaltigkeit auf die folgenden Beziehungen:

$$W_t = W(k_N(t), k_M(t)) \stackrel{!}{=} \max$$

s. t.

$$K_N(t') + K_M(t') = K_N(t) + K_M(t) = \bar{K}.$$

$$K_i(t) := k_i(t) \cdot p_i(t) \quad (i = N, M).$$

k_N , k_M , p_N und p_M sind dabei als Vektoren zu interpretieren, die die verschiedenen Teilkapitalien des Naturkapitals bzw. des Menschen-bezogenen Kapitals umfassen. Es gebe jeweils J solche Teilkapitalien. Erinnert sei daran, dass die Mengenvariablen des Modells sowie auch W_t und K_t als Pro-Kopf-Grössen definiert sind.

Die oben erwähnten zentralen Fragestellungen können nun unter Berücksichtigung der erwähnten Analogie-Überlegungen anhand der folgenden Abbildung 1 verdeutlicht werden. In Abbildung 1 ist zur Vereinfachung unterstellt, dass die k - und p -Vektoren jeweils einelementig sind.

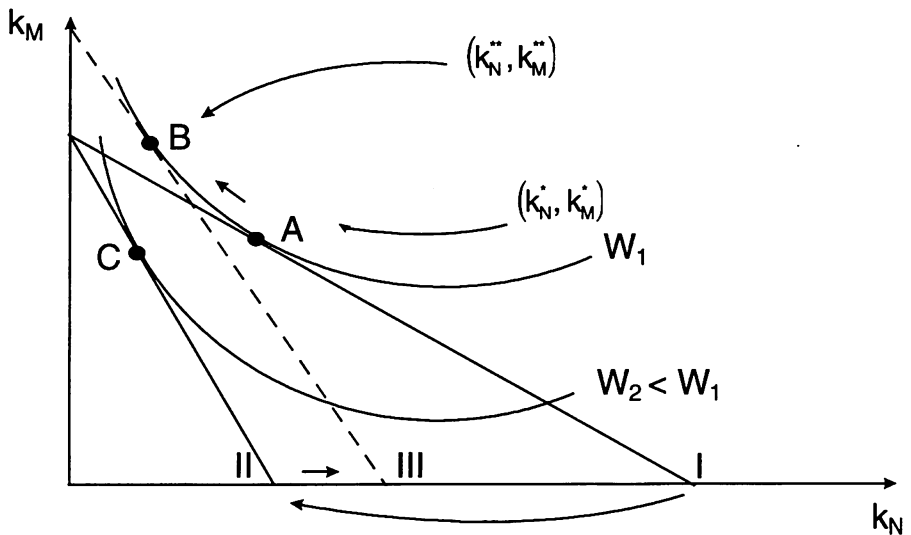


Abbildung 1

Die Budgetlinie I kennzeichne die Ausgangssituation, in der das vorgegebene und konstante Gesamtkapital K auf die beiden Kapitalarten k_N und k_M aufgeteilt wird. Mögliche und zulässige Aufteilungen werden dabei durch das Verhältnis der beiden Kapitalpreise p_N und p_M bestimmt. Die mit W_1 bezeichnete Wohlfahrts-Indifferenzkurve charakterisiert die maximale Wohlfahrt, die in der Ausgangslage erreicht werden kann. Das Optimum in der Ausgangssituation liegt bei Punkt A.

Angenommen, es kommt nun zu einer Erhöhung des relativen Preises für Naturkapital, was als Ausdruck einer Verschlechterung der Umweltsituation im Sinne eines Knapper-Werdens von Umweltgütern eines gegebenen Qualitätsniveaus anzusehen ist. Als Folge der Erhöhung von p_N dreht sich die Budgetlinie zu Gerade II nach innen, und das neue Optimum liegt bei Punkt C auf einer tieferen Indifferenzkurve.

Gemäss den oben erläuterten Überlegungen aus der Theorie des ökonomischen Indexes geht es nun darum, zu bestimmen, um wieviel sich $\bar{K}$ gesamthaft erhöhen müsste, um dafür zu sorgen, dass Budgetgerade II soweit parallel nach rechts verschoben wird (zu Budgetgerade III), dass es einen erneuten Tangentialpunkt mit der ursprünglichen maximal erreichbaren Indifferenzkurve auf dem Niveau W_1 gibt. Ein solcher neuer Tangentialpunkt wäre der Punkt B in der obigen Abbildung. Die eben erwähnte erforderliche Kapitalerhöhung gibt denjenigen Kapitalbetrag an, um den das Gesamtkapital der betrachteten Volkswirtschaft erhöht werden müsste, so dass trotz einer ursprünglichen Verschlechterung der Umweltqualität das ursprüngliche maximale Wohlfahrtsniveau aufrecht erhalten werden kann. Je höher die erforderliche Kapitalerhöhung ausfällt, um desto mehr hat sich die Nachhaltigkeit des betrachteten Landes bzw. der betrachteten Region verschlechtert.

Auf der Grundlage der vorstehenden Überlegungen lässt sich nun ein theoretischer Nachhaltigkeits-Indikator NI konstruieren, der den oben erwähnten intuitiven Grundvorstellungen von Nachhaltigkeit entspricht. Er hat in Analogie zum ökonomischen Index der Messung von Lebenshaltungskosten das folgende Aussehen:

$$NI = 1/IND = 1/\frac{\underline{k}_N^{**} \cdot \underline{p}_N(2) + \underline{k}_M^{**} \underline{p}_M(2)}{\underline{k}_N^{*}(1) \cdot \underline{p}_N(1) + \underline{k}_M^{*}(1) \cdot \underline{p}_M(1)} . \quad (5)$$

Dabei ist IND analog zum ökonomischen Index konstruiert. Der Zähler von IND bringt dasjenige hypothetische Pro-Kopf-Kapital zum Ausdruck, das es bräuchte, um bei den neuen Preisen $\underline{p}_N(2)$ und $\underline{p}_M(2)$ das bisherige Wohlfahrtsniveau W_1 zu erreichen. $\underline{k}_N^{**}$ und $\underline{k}_M^{**}$ bringen dabei die für die Referenzperiode relevanten hypothetischen Mengen der Kapitalien zum Ausdruck. Angaben zur Referenzperiode werden dabei jeweils durch die Bezeichnung «(2)» kenntlich gemacht. In Abbildung 1 sind die genannten hypothetischen Mengen durch die Koordinaten des Punktes B charakterisiert.

Der Nenner von IND bringt die optimale Aufteilung der in der Ausgangs- oder Basisperiode gegebenen Gesamtkapitalmenge zum Ausdruck. Die in der Basisperiode relevanten Preise sind mit $\underline{p}_N(1)$ und $\underline{p}_M(1)$ bezeichnet. Durch «(1)» wird dabei zum Ausdruck gebracht, dass es sich um Preise der Basisperiode handelt. $\underline{k}_N^{*}$ bzw. $\underline{k}_M^{*}$ sind die optimalen, d.h. wohlfahrtsmaximierenden Verbräuche der beiden Kapitalarten KN und KM. Sie sind in Abbildung 1 durch die Koordinaten des Punktes A charakterisiert. Wie zuvor ist in Formel (5) davon auszugehen, dass $\underline{p}$ und $\underline{k}$ jeweils J-komponentige Vektoren der Preise bzw. Mengen der verschiedenen Teilkapitalien sind. Ausserdem sind, wie zuvor $\underline{k}_N$ und $\underline{k}_M$ im Sinne von Pro-Kopf-Grössen zu interpretieren.

Nimmt der Bestand einer der beiden Kapitalarten $\underline{k}_N$ oder $\underline{k}_M$ von Periode 1 auf Periode 2 ab, so ist davon auszugehen, dass die entsprechenden Preise $\underline{p}_N$ bzw. $\underline{p}_M$ ansteigen. Ein solcher Anstieg bringt die höhere relative Knappheit der jeweiligen Teilkapitalien zum Ausdruck. Preiserhöhungen kommen dabei im Zuge einer Internalisierung der entsprechenden negativen externen Effekte zustande. Eine solche Internalisierung kann, muss aber nicht durch explizite staatliche Massnahmen verursacht sein. Wenn nun die Preise in Periode 2 höher sind als in Periode 1, so bedeutet dies einen Anstieg von IND und damit einen Rückgang von NI, was inhaltlich als Verschlechterung der Nachhaltigkeit zu interpretieren ist.

Der Indikator IND hat nun – ebenso wie eine geeignete Transformation von IND, etwa die in Formel (5) zum Ausdruck gebrachte – die bekannten Eigenschaften eines ökonomischen Lebenshaltungskosten-Indexes, nämlich (zum Nachweis der Eigenschaften vgl. SCHUBERT 1995, 30 ff.):

- Proportionalität: $NI(\underline{p}(1), \lambda \underline{p}(1)) = \lambda$.

Wenn sich von der Basisperiode 1 auf die Referenzperiode 2 alle Preise um denselben Prozentsatz vergrössern, nimmt der Indexwert um eben diesen Prozentsatz zu.

- Dimensionalität: $NI(\lambda p(1), \lambda p(2)) = NI(p(1), p(2))$.

Der Wert des Nachhaltigkeits-Indikators ist invariant gegenüber der für die Preise gewählten «Währungseinheit», d.h. gegenüber dem jeweils zugrunde gelegten gesellschaftlichen Bewertungsschema.

- Reziprozität: $NI(p(1), p(2)) = \frac{1}{NI(p(2), p(1))}$.

Würde man die Preisvektoren von Basis- und Referenzperiode vertauschen, d.h. die Knappheitssituationen vertauschen, würde der Nachhaltigkeitsindikator auch einen entsprechend vertauschten Wert, nämlich den Kehrwert des ursprünglichen Indikatorwerts aufweisen.

- Monotonie: $p'_v > p_v \Rightarrow NI(p(1), p'_v) < NI(p(1), p_v)$.

Wenn sich zwei Vergleichsperioden V und V' dadurch unterscheiden, dass in V' alle Preise grösser oder gleich den Preisen in V sind, und mindestens ein Preis in V' echt grösser ist als in V , dann ist der entsprechende Indikatorwert IND für V' grösser als der für V und der Indikatorwert NI in V' kleiner als in V , d.h. die Nachhaltigkeit in V' ist geringer als die in V .

- Intervall-Eigenschaft: $\min_j \left\{ \frac{p(2)_j}{p(1)_j} \right\} \leq IND(p(1), p(2)) \leq \max_j \left\{ \frac{p(2)_j}{p(1)_j} \right\}$.

Mit Hilfe dieser Eigenschaft kann der Wertebereich des Nachhaltigkeits-Indikators eingeschränkt werden. Der Indikator IND nimmt Werte an, die zwischen der kleinsten und der grössten möglichen Preismesszahl aus einem Preis der Referenzperiode und einem Preis der Basisperiode liegen. Entsprechend nimmt der Indikator NI Werte an, die zwischen der grössten und kleinsten möglichen Preismesszahl liegen, die sich aus einem Preis der Basisperiode und einem Preis der Referenzperiode ergibt:

$$\max_j \left\{ \frac{p(1)_j}{p(2)_j} \right\} \geq NI(p(1), p(2)) \geq \min_j \left\{ \frac{p(1)_j}{p(2)_j} \right\}.$$

Im Hinblick auf die praktische Umsetzung eines Indikators wie NI aus (5) stellen sich zwei fundamentale Probleme. Will man NI gemäss Formel (5) konkret berechnen, müsste man das maximale Wohlfahrtsniveau $W(1)$ kennen, um zu wissen, welches das aufrecht zu erhaltende maximale Wohlfahrtsniveau ist. Zum anderen müsste man die Werte von $\underline{k}_N^{**}$ und $\underline{k}_M^{**}$, d.h. die Koordinaten des Punkts B in der obigen Abbildung, und die Werte von $\underline{k}_N^*$ und $\underline{k}_M^*$, d.h. die Koordinaten des Punktes A in Abbildung 1 identifizieren können. Beide Probleme sind nicht oder nicht ohne erheblichen Aufwand zu lösen.

Die genannten Probleme haben im Rahmen der Messung von Lebenshaltungskosten zur Entwicklung eines sogenannten statistischen Indexes geführt, der als Approximation des ökonomischen Indexes zu verstehen ist (vgl. hierzu BRACHINGER 1995). Ähnlich

kann man nun auch einen «statistischen» Nachhaltigkeits-Indikator konstruieren. Setzt man die bisher angestellten Analogie-Überlegungen fort, so könnte ein statistische Nachhaltigkeits-Indikator etwa folgendermassen aussehen:

$$NI_s = 1 / \frac{k_N(1) \cdot p_N(2) + k_M(1) \cdot p_M(2)}{k_N(1) \cdot p_N(1) + k_M(1) \cdot p_M(1)} \quad (6)$$

Wie man sieht, hat (6) die Struktur eines Laspeyres-Index. Diese Form der Approximation des theoretischen Nachhaltigkeits-Indikators durch einen in der Praxis tatsächlich und mit vertretbarem Aufwand zu berechnenden Index ist nur eine von mehreren sinnvoll möglichen Approximationen. Je nach den Annahmen über die zugrunde liegende Wohlfahrtsfunktion werden unterschiedliche statistische Indizes besonders gute Approximationen liefern. Unter der Annahme etwa einer Cobb-Douglas-Wohlfahrtsfunktion kommt einem superlativen Index wie etwa dem Fischerschen Idealindex oder dem Tornqvist-Index besondere Bedeutung zu (vgl. DIEWERT 1993 b; BOSKIN et al. 1998, 12). Auf die Details dieser Indizes soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden, da der Schwerpunkt der Diskussion im Zusammenhang mit Nachhaltigkeits-Indikatoren nicht, wie bei Indikatoren für die (Veränderung von) Lebenshaltungskosten bei der Frage liegt, ob ein statistischer Index im oben beschriebenen Sinn grundsätzlich ein sinnvolles Konzept darstellt, und nicht bei der Frage, wie dieses Konzept besonders gut umzusetzen ist.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass das hier vorgestellte Konzept gut geeignet ist, der oben genannten Forderung zu genügen, d.h. Aussagen über die Substitutionsbeziehungen zwischen k_N und k_M zu enthalten. Je nach den unterstellten Substitutionsbeziehungen fällt die Form der Wohlfahrtsfunktion anders aus. So ist in Abbildung 1 etwa periphere Substituierbarkeit unterstellt. Es wäre aber beispielsweise auch möglich, mit

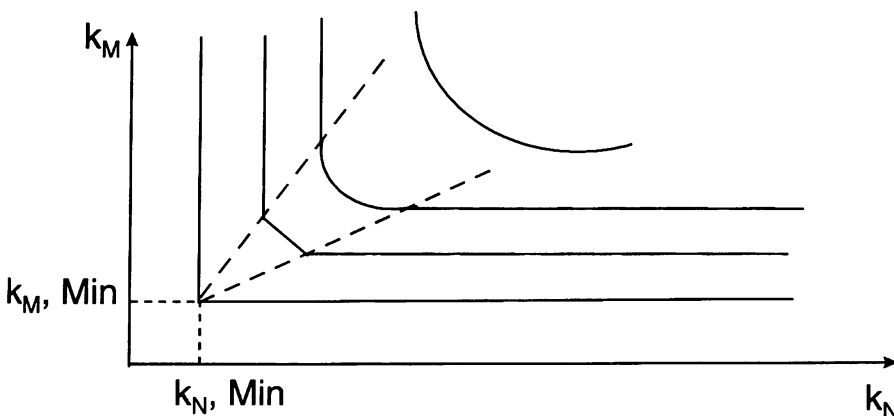


Abbildung 2

einer streng quasi-konkaven Wohlfahrtsfunktion zu arbeiten, die weniger Substituierbarkeit zwischen k_N und k_M unterstellt. Eine solche Wohlfahrtsfunktion ist in der folgenden Abbildung 2 dargestellt (vgl. hierzu etwa BRACHINGER, SCHUBERT 1988; FUCHS-SELIGER 1996). Der theoretische Indikator (5) lässt sich auf diese Wohlfahrtsfunktion genauso anwenden, wie auf die in Abbildung 1 unterstellte Wohlfahrtsfunktion.

6. PROBLEME UND OFFENE FRAGEN

Im Zusammenhang mit den hier vorgestellten Überlegungen zur Konstruktion eines Nachhaltigkeits-Indikators stellen sich vor allem zwei Fragen. Zum einen ist zu prüfen, ob das theoretische Konzept eines Nachhaltigkeits-Indikators, repräsentiert durch Gleichung (5), als sinnvoller Versuch anzusehen ist, Nachhaltigkeit messbar und insbesondere interregionale und intertemporale Nachhaltigkeits-Unterschiede sichtbar zu machen. Zum anderen ist zu klären, welche Problem sich auftun, wenn ein statistisches Index-Konzept, wie etwa das durch Gleichung (6) verkörperte, in der Praxis umgesetzt werden soll.

Im Hinblick auf die erste Frage lässt sich festhalten, dass das hier vorgestellte Index-Konzept gewisse Vorteile gegenüber den bisherigen Ansätzen zur Messung von Nachhaltigkeit aufweist. Diese Vorteile bestehen im wesentlichen darin, dass es möglich ist *eine* Gesamtaussage über die Nachhaltigkeit eines *Gesamtsystems* zu erhalten und dass es möglich ist, Aussagen über die Substitutionsbeziehungen zwischen verschiedenen Kapitalarten bzw. Teilkapitalien einzubeziehen. Gegeben diese Vorteile, sollen im folgenden nun die zuvor erwähnten Umsetzungsfragen näher betrachtet werden.

Ein wichtiges Umsetzungsproblem besteht darin, «gute» Informationen über die in (6) enthaltenen k_i - und p_i -Vektoren zu erhalten. Diese Informationen liegen – ähnlich wie auch bei der Messung von Lebenshaltungskosten – nicht «fertig» und abrufbereit irgendwo «herum», sondern sie sind eigens zu generieren. Es leuchtet unmittelbar ein, dass je nachdem, *wer; d.h. welche Institution* mit dem Generieren der entsprechenden Informationen beschäftigt ist und *wieviele Geld* für die Daten-Generierung zur Verfügung steht, unterschiedliche Informationen resultieren werden. Dies bedeutet aber nichts anderes, als dass man bei der Interpretation von Aussagen, die mit Hilfe eines Nachhaltigkeits-Indikators wie (6) gewonnen werden können, sehr vorsichtig sein muss. Kleinere Unterschiede im Zeitverlauf dürften eher nicht signifikant sein; grösseren Unterschieden kommt aber wohl zumindest eine qualitative Aussagekraft zu.

Darüber hinaus sind die folgenden Probleme für die Umsetzung einer an einem statistischen Indikator orientierten Nachhaltigkeitsmessung von Bedeutung:

- Erstens ist ein Indikator wie (6) vergangenheitsorientiert. Es stellt sich daher die Frage, in wie weit auf der Grundlage eines solchen Indikators Prognosen über die

künftige Nachhaltigkeit von Ländern oder Regionen gewonnen werden kann – ein Anliegen, das im Zielkatalog für Nachhaltigkeits-Indikatoren durchaus eine wichtige Rolle spielte.

- In den oben erwähnten Nachhaltigkeits-Indikator gehen Preise p_i ein, die, wie ausgeführt, nicht vorgegeben sind, sondern konstruiert werden müssen. Für die Generierung von Preisen für Gruppen von Teilkapitalien sind nun aber gesellschaftliche Werturteile unumgänglich, was erneut die Aussagekraft des Nachhaltigkeits-Indikators problematisch macht. Auch aus diesem Problem kann man daher nur folgern, dass konkrete Werte von Nachhaltigkeits-Indikatoren vorsichtig zu interpretieren sind. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, die in den Preisen enthaltenen Werturteile möglichst explizit zu machen.
- Im Zusammenhang mit der Konstruktion von Preisen ist ausserdem auch das Problem der Basisaggregation geeignet zu lösen. Dabei geht es darum, wie aus den Einzelpreisen von Teilkapitalien auf ganz stark disaggregierter Ebene «der Preis» von Teilkapitalien auf etwas stärker aggregierter Ebene ermittelt werden soll. Konkret ist eine «optimale» Form der Durchschnittsbildung zu finden, welche einerseits möglichst viel Ur-Information weitergibt, andererseits aber von den involvierten Institutionen mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden kann.
- Für die Wahl eines «guten» statistischen Indexes sind, wie oben erläutert wurde, Annahmen über die zugrunde liegende Wohlfahrtsfunktion zu machen. Um mit möglichst sinnvollen, d.h. realitätsnahen Annahmen arbeiten zu können, bräuchte man empirische Informationen, aus denen man auf die Wohlfahrtsfunktion schliessen könnte. Solche Informationen sind jedoch in der Regel weder einfach noch zu geringen Kosten zu erwerben.
- Im Zusammenhang mit sinnvollen Annahmen über die Wohlfahrtsfunktion ist es insbesondere wichtig, empirische Informationen über (zulässige) Kapitalsubstitutionen zu haben. Diese Art von Information ist zweifellos schwierig zu gewinnen. Man könnte sich dabei an einem Ansatz orientieren, der die im Hinblick auf zulässige Substitutionen die Funktionen verschiedener Kapitalien in den Vordergrund stellt. Man könnte etwa immer dann Substitutionen als zulässig deklarieren, wenn eine bestimmte Kapitalart durch eine andere ersetzt wird, die mindestens die von der bisherigen Kapitalart ausgeübten Funktionen auch erfüllt.
- Im Hinblick auf aussagekräftige Indikatorwerte ist es wichtig, Qualitätsveränderungen bei Teilkapitalien zu berücksichtigen. Dabei soll zu Qualitätsveränderungen auch das Auftreten neuer Teilkapitalien und das Verschwinden bisheriger Teilkapitalien gerechnet werden. Methodisch ist hier auf Überlegungen zu hedonischen Indizes zurückzugreifen, wie sie im Zusammenhang mit der Messung von Veränderungen der Lebenshaltungskosten diskutiert werden (vgl. etwa ABRAHAM et al. 1998, 31 ff.; NORDHAUS 1998). Es geht dabei darum, dass die in einen Index eingehenden Preise mit Hilfe hedonischer Regressionen, d.h. mit Hilfe von Regressionen, die den Preis von Gütern oder Kapitalien aus deren Eigenschaften erklären, qualitätskorrigiert sind.

- Wie bereits erwähnt, ist auch ein adäquater institutioneller Rahmen für die Konstruktion und Berechnung der Werte eines Nachhaltigkeits-Indikators zu identifizieren. Zur Identifikation eines «optimalen» institutionellen Rahmens, müssten entsprechende Kosten-Nutzen-Kalküle für verschiedene institutionelle Settings durchgeführt werden. Die oben erläuterten Spielräume, die es sowohl bei der Festlegung eines zu verwendenden statistischen Indikators gibt als auch bei der Generierung der in einen solchen Indikator einflussenden Inputs, machen derartige Kosten-Nutzen-Analysen unverzichtbar.

7. FAZIT

Aus den vorstehenden Überlegungen können abschliessend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Nachhaltigkeits-Indikatoren sind notwendig, um die Entwicklung der Nachhaltigkeit in einem Land bzw. einer Region in der Vergangenheit beurteilen und für die Zukunft prognostizieren zu können. Nur auf der Grundlage solcher Aussagen können Massnahmen zur Verbesserung bzw. zum Erhalt der Nachhaltigkeit konzipiert werden.
- Nachhaltigkeit kann so modelliert werden, dass ein theoretischer Nachhaltigkeits-Indikator in Analogie zum Lebenshaltungskosten-Index konstruiert werden kann. Ein solcher Nachhaltigkeits-Indikator entspricht den intuitiven Grundvorstellungen von Nachhaltigkeit.
- Aus praktischer Sicht ist ein solcher theoretischer Nachhaltigkeits-Indikator durch einen geeigneten statistischen Indikator zu approximieren. Dabei sind manche Datenanfordernisse nicht einfach zu erfüllen und erfordern «Konstruktionsarbeit», die nicht ohne gesellschaftliche Werturteile auskommen kann. Es ist darauf zu achten, dass solche Werturteile explizit gemacht werden.
- Es ist darauf zu achten, dass die in den Nachhaltigkeits-Indikator eingehenden Mengenvariablen als Pro-Kopf-Grössen zu interpretieren sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass die hinter dem entsprechenden Index stehende Nachhaltigkeitsdefinition auch für Länder mit wachsender Bevölkerung sinnvoll ist. Das Gewinnen von Daten-Inputs für den vorgestellten Nachhaltigkeits-Indikators ist damit etwas aufwendiger als es beim analogen Lebenshaltungskosten-Index der Fall wäre. Da die Pro-Kopf-Grössen aus den Gesamtgrössen aber durch eine einfache Transformation hervorgehen, ist dieser Zusatz-Aufwand als grundsätzlich unproblematisch zu charakterisieren.
- Die hier vorgestellte Analogie zwischen einem Nachhaltigkeits-Index und einem Lebenshaltungskosten-Index funktioniert nur, wenn sichergestellt ist, dass Veränderungen in den relativen Knappheiten der verschiedenen Teilkapitalien sich tatsächlich in Preisveränderungen dieser Teilkapitalien niederschlagen, wenn man also vom weitgehenden Fehlen von externen Effekten ausgehen kann. Dies ist sicherlich zur gegenwärtigen Zeit eine Einschränkung für die Praktikabilität des vorgestellten Indikators.

Da sich aber zunehmend – und zwar auch auf staatlicher Ebene – Bewusstsein für die Problematik externer Effekte und für die Notwendigkeit ihrer Internalisierung durchzusetzen scheint, ist davon auszugehen, dass ein Index wie der hier vorgestellte in absehbarer Zeit ein realistisches Konzept darstellt.

Abschliessend sei noch auf eine Einschränkung des vorliegenden Papiers hingewiesen. Beim Versuch, einen Nachhaltigkeits-Indikator in Analogie zu einem Lebenshaltungskosten-Index zu konstruieren, ging es im wesentlichen um Nachhaltigkeit im Makro-Sinn, wie in Abschnitt 2 ausgeführt wurde. Will man Mikro-Betrachtungen anstellen, d.h. nicht die Nachhaltigkeit von Ländern oder Regionen betrachten, sondern die Nachhaltigkeit bestimmter individueller Handlungen beurteilen, sind andere Indikatoren zu konstruieren. Wie oben bereits ausgeführt, ist nämlich davon auszugehen, dass je nach Fragestellung jeweils unterschiedliche Nachhaltigkeits-Indikatoren besonders geeignet sind.

LITERATUR

- ABRAHAM, KATHARINE G., JOHN S. GREENLEES, BRENT R. MOULTON (1998): Working to Improve the Consumer Price Index. *Journal of Economic Perspectives* 12/1, 27-36.
- ADRIAANSE, ALBERT (1993): Environmental Policy Performance Indicators, Den Haag.
- ALFSEN, KNUT H., HANS VIGGO SAEBO (1993): Environmental Quality Indicators: Background, Principles, and Examples from Norway. *Environmental and Resource Economics* 3, 415–435.
- ARONSSON, THOMAS, PER-OLOV JOHANSSON, KARL-GUSTAF LÖFGREN (1997): Welfare Measurement, Sustainability and Green National Accounting. A Growth Theoretical Approach, Cheltenham-Brookfield.
- ATKINSON, GILES, RICHARD DUBOURG, KIRK HAMILTON, MOHAN MUNASINGHE, DAVID PEARCE, CARLOS YOUNG (1997): Measuring Sustainable Development. *Macroeconomics and the Environment*, Cheltenham-Lyme.
- BAKKES, J. A. et al. (1994): An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives, New York.
- Beirat zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung (1995): Umweltökonomische Gesamtrechnung. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung*, 455–476.
- BOSKIN, MICHAEL J., ELLEN R. DULBERGER, ROBERT J. GORDON, ZVI GRILICHES, DALE W. JORGENSEN (1998): Consumer Prices, The Consumer Price Index, and the Cost of Living. *Journal of Economic Perspectives* 12/1, 3–26.
- BRACHINGER, HANS WOLFGANG (1995): Intertemporaler Vergleich von Lebenshaltungskosten – Statistische Adäquation. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Indizes – Status Quo und europäische Zukunft, *Schriftenreihe Forum der Bundesstatistik*, Band 28, Stuttgart, 43 – 87.

- BRACHINGER, HANS WOLFGANG, RENATE SCHUBERT (1988): Measuring Price-Induced Changes in Standard of Living in Developing Countries: Economic Validity of Laspeyres Price Indices and Some Further Suggestions. *Statistical Papers – Statistische Hefte* 29, 85–112.
- CANSIER, DIETER, WOLFGANG RICHTER (1995): Erweiterung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung um Indikatoren für eine nachhaltige Umweltnutzung. *Zeitschrift für Umweltpolitik*, 231–260.
- CONSTANZA, ROBERT, LISA WAINGER (1991): Ecological Economics. *Business Economics* 26, 45–48.
- DIEFENBACHER, HANS, HOLGER KARCHER, CARSTEN STAHLER, VOLKER TEICHERT (1997): Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung im regionalen Bereich. Ein System von ökologischen, ökonomischen und sozialen Indikatoren, Heidelberg.
- DEWERT, W. ERWIN (1993a): The Economic Theory of Index Numbers: A Survey. In: W. Erwin Diewert, Alice O. Nakamura (eds.): *Essays in Index Number Theory*, Volume 1, Amsterdam usw., 177–221.
- DEWERT, W. ERWIN (1993b): Exact and Superlative Index Numbers. In: W. Erwin Diewert, Alice O. Nakamura (eds.): *Essays in Index Number Theory*, Volume 1, Amsterdam usw., 22–252.
- ENDRES, ALFRED, VOLKER RADKE (1998): Indikatoren einer nachhaltigen Entwicklung. Elemente ihrer wirtschaftstheoretischen Fundierung, Berlin.
- EUROSTAT (Hrsg.) (1997): Indicators of Sustainable Development, Luxembourg.
- FAUCHEUX, SYLVIE, DAVID PEARCE, JOHN PROOPS (eds.) (1996): Models of Sustainable Development, Cheltenham-Brookfield.
- FUCHS-SELIGER, SUSANNE (1996): Continuous Utility Functions for Noninferior Demand Functions. *Journal of Economic Theory* 8, 183–188.
- GOETEYN, LUC (1996): Measuring Sustainable Development at the National and International Level. In: Bhaskar Nath, Luc Hens, Dimitri Devuyst (eds.): *Textbook on Sustainable Development*, Brussels, 161–180.
- GOSSELIN, PIERRE et al. (1993): Indicators for a Sustainable Society. *Canadian Journal of Public Health* 84, 197–200.
- HATCHER, R. LEE (1996): Local Indicators of Sustainability: Measuring the Human Ecosystem. In: Bhaskar Nath, Luc Hens, Dimitri Devuyst (eds.): *Textbook on Sustainable Development*, Brussels, 181–203.
- JESINGHAUS, JOCHEN (1997): Umweltbelastungsindizes und «Grünes Sozialprodukt»: die Europäische Dimension. Vortrag für den ZUMA-Workshop «Indikatoren einer nachhaltigen Entwicklung» am 2./3.12.1997, Luxembourg.
- MURRAY, CHRISTOPHER J. L. (1991): Development Data Constraints and the Human Development Index, Geneva.
- NORDHAUS, WILLIAM D. (1998): Quality Change in Price Indexes. *Journal of Economic Perspectives* 12/1, 59–68.
- OECD (1991): Environmental Indicators: A Preliminary Set, Paris.
- OECD (1994): Environmental Indicators: OECD Core Set, Paris.

- PEARCE, DAVID W., GILES ATKINSON (1993a): Measuring Sustainable Development. *Eco-decision*, June 1993, 64–66.
- PEARCE, DAVID W., GILES ATKINSON (1993b): Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of 'Weak' Sustainability. *Ecological Economics* 8, 103–108.
- PFISTER, GERHARD, ORTWIN RENN (Hrsg.) (1996): Indikatoren einer regionalen nachhaltigen Entwicklung. Dokumentation der Workshop-Berichte. Arbeitsbericht Nr. 65 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- RADERMACHER, WALTER, CARSTEN STAHRER (1994): Vom Umwelt-Satellitensystem zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung: Umweltbezogene Gesamtrechnungen in Deutschland – Erster Teil. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung* 7, 531–541.
- RADERMACHER, WALTER, CARSTEN STAHRER (1995): Vom Umwelt-Satellitensystem zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung: Umweltbezogene Gesamtrechnungen in Deutschland – Zweiter Teil. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung* 8, 99–109.
- RENNINGS, KLAUS, OLAV HOHMEYER (1997): Zur Verbindung von Indikatoren starker und schwacher Nachhaltigkeit: Das Beispiel Klimaänderung. In: Klaus Rennings, Olav Hohmeyer (Hrsg.): Nachhaltigkeit, Baden-Baden, 39 – 70.
- SCHMIDT-BLEEK, FRIEDRICH (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften, Berlin usw.
- SCHUBERT, RENATE (1995): Lebenshaltungskosten im intertemporalen und interregionalen Vergleich: Ein ökonomisches Deutungsmuster. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Indizes – Status Quo und europäische Zukunft, *Schriftenreihe Forum der Bundesstatistik*, Band 28, Stuttgart, 13 – 42.
- SERAGELDIN, ISMAIL (1995): Monitoring Environmental Progress – A Report on Work in Progress, Washington.
- STAHRER, CARSTEN (1991): Vom Bruttosozialprodukt zum Ökosozialprodukt? Umweltberichterstattung im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. In: Hans Diefenbacher, S. Habicht-Erenler (Hrsg.): Wachstum und Wohlstand: Neuere Konzepte zur Erfassung der Sozial- und Umweltverträglichkeit, Marburg, 43–60.
- TRZYNA, TOM (1995): A Sustainable World – Defining and Measuring Sustainable Development. International Center for The Environment and Public Policy, Sacramento.
- United Nations (UN) (1993): Integrated Environmental and Economic Accounting. Series F, No. 61, New York.
- UNDP (1997): The Human Development Report, New York.
- VOSS, GERHARD (1997): Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung – Darstellung und Kritik, Köln 1997.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987): Our Common Future (Der Brundtland-Bericht), Oxford.

ZUSAMMENFASSUNG

Nachhaltigkeits-Indikatoren sind notwendig, um die Entwicklung der Nachhaltigkeit in einem Land bzw. einer Region in der Vergangenheit zu beurteilen und für die Zukunft prognostizieren zu können. Nur auf der Grundlage solcher Aussagen können Massnahmen zur Verbesserung bzw. zum Erhalt der Nachhaltigkeit konzipiert werden. Nachhaltigkeit kann nun so modelliert werden, dass ein theoretischer Nachhaltigkeits-Indikator in Analogie zum Lebenshaltungskosten-Index konstruiert werden kann. Ein solcher Nachhaltigkeits-Indikator entspricht den intuitiven Grundvorstellungen von Nachhaltigkeit in einem Makro-Sinn. Will man die Nachhaltigkeit individueller Handlungen beurteilen, sind andere Indikatoren zu konstruieren. Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Nachhaltigkeits-Indikatoren jeweils besonders gut geeignet.

SUMMARY

Indicators for sustainability are necessary in order to gain insights into the development of a country's or a region's sustainability in the past and in order to forecast the future development. Based on such indicators, measures in order to strengthen or preserve sustainability can be conceived. Sustainability can be modelled such that a theoretical indicator for sustainability can be constructed in analogy to the cost-of-living index. Such an indicator for sustainability corresponds to the intuitive concept of sustainability in a macro sense. In order to evaluate the sustainability of individual behavior, another indicator has to be constructed. According to the corresponding topic, different indicators for sustainability have to be considered.

RÉSUMÉ

Des indicateurs du développement durable sont nécessaires pour évaluer le développement durable dans un pays ou une région dans le passé et également pour en pronostiquer l'avenir. Sur la base de ces résultats on peut établir des mesures pour améliorer et conserver le développement durable. Le développement durable peut alors être modélisé de façon à permettre la construction d'un indicateur théorique de durabilité du développement en analogie avec l'indice du coût de la vie. Un tel indicateur correspond à l'idée intuitive du développement durable dans un sens macro-économique. S'il s'agit d'évaluer le développement durable de la conduite individuelle, d'autres indicateurs doivent être construits. Il faut considérer différents indicateurs selon le problème analysé.