

Cansier, Dieter; Richter, Wolfgang

Working Paper

Nicht-monetäre Aggregationsmethoden für Indikatoren der nachhaltigen Umweltnutzung

Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 46

Provided in Cooperation with:

University of Tuebingen, Faculty of Economics and Social Sciences, School of Business and Economics

Suggested Citation: Cansier, Dieter; Richter, Wolfgang (1995) : Nicht-monetäre Aggregationsmethoden für Indikatoren der nachhaltigen Umweltnutzung, Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 46, Eberhard Karls Universität Tübingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Tübingen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/104899>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

**Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen**

**Nicht-Monetäre Aggregationsmethoden
für Indikatoren der
nachhaltigen Umweltnutzung**

Dieter Cansier und Wolfgang Richter



Tübinger Diskussionsbeiträge

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

**Nicht-Monetäre Aggregationsmethoden
für Indikatoren der
nachhaltigen Umweltnutzung**

Dieter Cansier und Wolfgang Richter

Diskussionsbeitrag Nr. 46

Mai 1995

Wirtschaftswissenschaftliches Seminar
Mohlstraße 36, D-72074 Tübingen

Nicht-Monetäre Aggregationsmethoden für Indikatoren der nachhaltigen Umweltnutzung

1. Einleitung

Die Anstrengungen zur Erweiterung der VGR um ökologische Gesichtspunkte folgen zwei theoretischen Grundansätzen.¹ Zum einen kann man den neoklassisch-wohlfahrtstheoretischen Ansatz zugrunde legen, nach dem das Sozialprodukt den gegenwärtigen und zukünftig verfügbaren Nutzenstrom mißt. Die Erweiterung um Umweltgesichtspunkte muß demzufolge Wohlfahrtswirkungen der Umweltnutzung widerspiegeln. Letztlich besteht das Ziel des neoklassischen Ansatzes in der Ermittlung eines Öko-Sozialproduktes, das als zentrale wohlfahrtstheoretische Makrokennzahl dann auch Umweltaspekte reflektiert. Zum anderen kann der Nachhaltigkeitsansatz Pate bei einer Reform stehen. Dieser verwendet bestimmte Sollziele der Umweltinanspruchnahme als Referenzpunkte. Auch nach dem Nachhaltigkeitsansatz läßt sich möglicherweise ein Öko-Sozialprodukt konstruieren. Während die Neoklassiker die monetär gemessenen Umweltschäden in Abzug bringen wollen, sind dies bei den Nachhaltigkeitstheoretikern die hypothetischen Vermeidungskosten der Zielverletzungen. Diese Öko-Marge und die monetarisierten Umweltschäden können auch als separate Umweltindikatoren fungieren.

Es herrscht weitgehende Einigkeit darüber, daß der Nachhaltigkeitsansatz als konzeptionelle Grundlage für die Erweiterung der VGR dienen soll. Die Bewertung der Umweltschäden stößt auf große Schwierigkeiten. Aber auch für die Ermittlung der Öko-Marge zeichnen sich keine zuverlässigen Bewertungsverfahren ab. Man wird deshalb statt monetärer Kennzahlen Umweltindikatoren verwenden müssen, die in physikalischen Größen definiert sind. Als theoretische Basis kommt für sie nur der Nachhaltigkeitsansatz in Betracht. Welche nicht-monetären Aggregationsmethoden der nachhaltigen Nutzung der Umwelt existieren und wie deren Aussagekraft einzuschätzen ist, soll im folgenden untersucht werden.

Der Konstruktion von Indikatoren hat die Entscheidung über Ziele und Zeithorizonte vorauszu-gehen. Es sind zwei unterschiedliche Zeitperspektiven möglich, eine langfristige und eine kurzfristig periodenbezogene Version von Nachhaltigkeit.² Dem eigentlichen Verständnis von nachhaltiger Nutzung der Umwelt liegt seit dem Brundtland-Bericht und der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (1992) eine langfristige intergenerationale Perspektive zugrunde. In der Reformdiskussion um die VGR wird aber auch eine kurzfristige Nachhaltigkeitsvorstellung vertreten. Die langfristige Ausrichtung fordert, daß das Wirtschaften bestimmte natürliche Grenzen einhalten soll, um die Lebensbedingungen zukünftiger Generationen nicht zu gefährden. Es sollen auf Dauer angemessene Umweltbedingungen erhalten

¹vgl. Richter, W.: Monetäre Makroindikatoren für eine nachhaltige Umweltnutzung. Eine Diskussion theoretischer und praktischer Aspekte des Ökosozialproduktkonzeptes. Diss. Marburg 1994, und die dort angegebene Literatur, oder auch Rennings, K.: Indikatoren für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Stuttgart 1994, S. 121 ff.

²vgl. Cansier, D./Richter, W.: Erweiterung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung um Indikatoren für eine nachhaltige Umweltnutzung. Erscheint in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht. Jg. 18 (1995), sowie Cansier, D.: Nachhaltige Entwicklung als neues Leitbild der Umweltpolitik. Tübinger Diskussionsbeiträge Nr. 41. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. Tübingen 1995.

bleiben (Konzept des langfristig konstanten Umweltkapitalstocks). Zur Konkretisierung dieser Idee wird in der Literatur die Fixierung quantitativer Erhaltungsziele und zugehöriger Belastungsgrenzen vorgeschlagen.³ Nach diesem Konzept müssen der VGR politische oder wissenschaftliche Standards vorgegeben werden, die laufend einzuhalten sind und denen die tatsächlichen Umwelteingriffe gegenübergestellt werden. Aufgabe der VGR ist es dann, die Zielverletzungen zu messen. Abweichungsindikatoren können sowohl für Umweltzustände als auch für Umweltbelastungen (Emissionen) ermittelt werden. Bestands- und Stromgrößen korrespondieren. Bestimmten Umweltqualitäten entsprechen gemäß den jeweiligen Regenerationskapazitäten bestimmte höchstzulässige Emissionsmengen.

Die kurzfristige Version von Sustainability fordert in Anlehnung an den Einkommensbegriff von Hicks lediglich Konstanz der Umweltkapitalbestände innerhalb einer Berichtsperiode. Die jeweiligen Anfangszustände (und dazugehörigen Höchstemissionen) bilden die normative Referenz. Mißt man die Abweichungen anhand von Zustandsindikatoren, so impliziert dies einen Ist-Ist-Vergleich. Verwendet man Belastungsindikatoren, so wird ein Soll-Ist-Vergleich vorgenommen. Das Periodenkonzept ist relativ einfach und paßt sich gut in die Grundkonzeption der VGR ein. Es weist aber aus umweltpolitischer Sicht gravierende Mängel auf. Der Ansatz versagt nämlich bei akkumulativen Schadstoffen, die Langfristschäden hervorrufen. Leitziele für Schadstoffkonzentrationen und Emissionen in einer Berichtsperiode lassen sich nur auf der Grundlage langfristiger Kriterien (natürliche Tragekapazität, intertemporal gerechte Aufteilung der zulässigen Emissionen und Entwicklung umweltfreundlicher Substitute) bestimmen. Langfristziele sind als Vorgabe unerläßlich. Darüber hinaus sind keine Rückschlüsse auf die langfristige Entwicklung der Umweltbedingungen möglich. Wenn sich bspw. die Zustände verschlechtern, wird eine geringere Umweltqualität als normative Referenz für die laufende Periode herangezogen, was der eigentlichen Idee von Nachhaltigkeit total widerspricht. Vor diesem Hintergrund kann auch der Zeitvergleich leicht zu falschen Aussagen führen. Wenn die Abweichungsindizes in zwei aufeinanderfolgenden Perioden beispielsweise jeweils 1,3 betragen (1 bedeutet Einhaltung der Periodennormen), dann ist nur der Schluß zulässig, daß in beiden Jahren die Periodenziele in gleichem Maße verfehlt wurden und insoweit keine Veränderung eingetreten ist. Falsch wäre es aber, dies auch für den Zustand der Umwelt anzunehmen, denn die Umweltbedingungen haben sich tatsächlich - wegen der übergreifenden Belastungswirkungen aus der ersten Periode - verschlechtert. Dagegen führt die Messung nach dem Konzept der langfristigen Nachhaltigkeit bei den angegebenen Werten zu dem eindeutigen Schluß, daß sich der Abstand zur nachhaltigen Umweltnutzung im Zeitablauf nicht vergrößert hat.

Das Nachhaltigkeitskonzept impliziert weiterhin, daß Diskrepanzen zwischen bestandsabhängiger zulässiger und tatsächlicher laufender Umweltnutzung unabhängig von der zugrunde gelegten

³vgl. Cansier, D./Richter, W.: Erweiterung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung um Indikatoren für eine nachhaltige Umweltnutzung, a. a. O., und Cansier, D.: Indikatoren für eine nachhaltige Nutzung der Umwelt aus ökonomischer Sicht. Tübinger Diskussionsbeiträge Nr. 40. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. Tübingen 1995; jeweils mit weiteren Verweisen.

Zeitperspektive Zielrevisionen notwendig machen. Beim Kriterium der Periodenneutralität erfordert die mit der Bestandsdegradierung einhergehende Verminderung der nachhaltigen Inanspruchnahme eine Anpassung des Normstroms. Bei der Langfristbetrachtung ist darüber hinaus der Nachholbedarf zur Vergrößerung der Bestände zu berücksichtigen. Diese Aspekte sind bei der Ermittlung der Indikatoren Periode für Periode zu beachten. Für die Interpretation der aggregierten Indikatoren spielt dieser Sachverhalt jedoch keine Rolle, weil die Zielformulierung der Indikatorermittlung vorgelagert ist. Es ist bei den späteren Ausführungen immer zu beachten, daß sich für beide Nachhaltigkeitskonzepte die gleichen nicht-monetären Aggregationsverfahren verwenden lassen, die Werte aber sehr unterschiedliche Aussagen implizieren.

Nachhaltigkeitsnormen sollen stets eingehalten werden. Deshalb sind Verletzungen negativ zu beurteilen. Offen bleibt aber, welches Gewicht den verschiedenen Abweichungen beizumessen ist. Auch in dieser Hinsicht muß der Auswahl einer Aggregationsmethode die Zielentscheidung vorausgehen. Wir wollen zwei Positionen unterscheiden: Das "reine" Konzept sieht alle Verstöße als gleichermaßen nachteilig an, unabhängig von tatsächlicher Häufigkeit, Intensität und Dauer. Im Extrem schlägt eine Normüberschreitung mit Todesfolge durch Vergiftung genauso zu Buche wie ein nur geringfügiger Verstoß. Die Anzahl der Normverletzungen wird zum entscheidenden Signal für die ökologische Situation. Im "Mischkonzept" wird ein etwas anderer Ansatz vertreten: Je weiter die tatsächliche Umweltnutzung vom Ziel abweicht, um so gravierender ist dies anzusehen. Man nimmt für die Aggregation eine Gewichtung der Übernutzung und insofern auch eine Bewertung vor.

2. Der "reine" Ansatz

Diese Aggregationsmethode zählt die Normverstöße innerhalb der Berichtsperiode. Indikator der Umweltnutzung ist die Häufigkeit der Zielverfehlungen. Für die formale Beschreibung des Indikators ist das Konzept der "Nachhaltigkeits-" bzw. "Meßpunkte" wichtig. Die Anzahl der Ziele und die Anzahl der Meßpunkte sind identisch. Die Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsnorm hängt von den speziellen Eigenschaften eines Schadstoffs ab. Ökologische Hot Spots sind in räumlicher und zeitlicher Hinsicht nach dem Nachhaltigkeitsansatz zu vermeiden und die Ziele entsprechend zu formulieren. Der räumliche Bezug kommt in der Anzahl der Meßstellen zum Ausdruck. Bei Schadstoffen, die sich gleichmäßig im Raum verteilen und für deren ökologische Wirkung der Ort der Emission weitgehend gleichgültig ist, sind nur wenige Meßstellen zu beachten. Umgekehrt stimmt bei Lokalschadstoffen die Zahl der Meßstellen mit der Zahl der ökologischen Belastungsgebiete überein. Für Schadstoffe mit unmittelbaren ökologischen Wirkungen sind im Extremfall tägliche Messungen durchzuführen. Hierin äußert sich der Zeitbezug. Für Akkumulationsschäden genügt hingegen unter Umständen eine Messung pro Periode. Sind die Ziele z.B. als tagesbezogene Konzentrationsgrenzwerte formuliert (etwa bei bodennahem Ozon), ergeben sich pro Meßstelle 365 zu berücksichtigende Situationen pro Berichtsjahr. Legen es die Diffusionseigenschaften von Ozon darüber hinaus nahe, 1000 Meßstellen zu installieren, sind letztendlich 365000 Nachhaltigkeitspunkte zu berücksichtigen. Als anderer Extremfall könnte CO₂ gelten, für das wegen der besonderen ökologischen Eigenschaften eine einzige landesweite Messung pro Jahr

genügt. Formal läßt sich der Indikator dann folgendermaßen beschreiben (mit F_{ij} als der Ist-Umweltnutzung der Art i , $i=1,\dots,m$, bezogen auf den Nachhaltigkeitspunkt j , $j=1,\dots,n$, und FK_{ij} als der entsprechenden Soll-Umweltnutzung):

$$R_{\text{rein}} = \sum_i^n \sum_j^m p_{ij} \quad \text{mit } p_{ij} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ 1 & \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Die Zweiwertigkeit von p_{ij} reflektiert das Schadenskonzept des reinen Ansatzes: Jeder Normverstoß wird gleich behandelt und geht mit gleichem Gewicht in den Indikator ein. Dabei ist es gleichgültig, welche konkreten Formen der Umweltnutzung berücksichtigt werden oder ob bestimmte Meßstellen häufiger als andere Zielverletzungen anzeigen. Ziel der Umweltpolitik ist letztlich die Einhaltung aller Normen, was in einem Wert des Indikators von null zum Ausdruck kommt. Ein Wert ungleich null bedeutet, daß die Norm an einer genau ablesbaren Zahl von Meßpunkten nicht eingehalten worden ist. Je größer R_{rein} , desto schlechter ist die Umweltsituation, so die Aussage. Man erkennt unmittelbar, daß dies in dieser Form problematisch ist: Eine große Zahl von nur geringfügigen Normverfehlungen drückt eine sehr viel schlechtere Umweltsituation aus als eine kleine Zahl gravierender Zielüberschreitungen, und vice versa.

Da vielfätige Schadstoffe an zahlreichen Meßpunkten zu erfassen sind, nimmt der Index eventuell einen sehr hohen und damit unübersichtlichen Wert an. Zweckmäßig erscheint es, die Normverstöße als relative Größe anzugeben, indem die Anzahl der tatsächlichen Zielverletzungen auf die Anzahl der maximal möglichen Normverstöße bezogen wird. R_{rein} erreicht seinen maximalen Wert $n \cdot m$, wenn die Ziele an allen Nachhaltigkeitspunkten und bezogen auf alle Schadstoffe verletzt werden. Ohne die Kenntnis dieses Wertes ist eine Aussage über die Gesamtsituation nicht sinnvoll möglich. Als neuen Indikator DR_{rein} erhält man:

$$DR_{\text{rein}} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_i^n \sum_j^m p_{ij} \quad \text{mit } p_{ij} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ 1 & \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Dieser Indikator gibt den Anteil nicht-nachhaltiger Meßpunkte an der Gesamtzahl der Meßpunkte an. Wird beispielsweise an 300 von 1000 Nachhaltigkeitspunkten eine Zielverletzung festgestellt, ergibt sich ein Indikatorwert von 0,3. Dies besagt, daß 30% der Normen nicht eingehalten worden sind. Auch ohne Kenntnis der Gesamtzahl der Meßpunkte ist es nun möglich, eine Aussage über die Gesamtsituation zu machen. Falls man sich für das reine Nachhaltigkeitskonzept als konzeptionelle Grundlage der Aggregation entscheidet, ist dem Durchschnittswert deswegen der Vorzug zu geben.

Die Messung kann sich sowohl auf die Emissionen als auch auf die Immissionen beziehen. Für den langfristigen Nachhaltigkeitsansatz ist zu beiden zu vermerken: Die Summierung der Immissionsnormverletzungen erfaßt auch "Altlasten", also ökologische Langfristbelastungen als Folge früherer ökonomischer Aktivitäten. Damit wird das Postulat der VGR verletzt, nur die laufenden wirtschaftlichen Aktivitäten und die damit verbundenen Folgen zu messen. Bei der Ermittlung der Belastungsindikatoren tritt dieses Problem nicht auf, denn die Emissionen in einer Berichtsperiode sind Folge der laufenden Aktivitäten.

Diese Indikatoren sagen nichts über die Struktur der Normverletzungen aus. An welchem Ort, bei welchem Schadstoff und mit welcher Häufigkeit die Zielwerte überschritten wurden, läßt sich nicht ersehen. Deshalb sind auch im Zeitvergleich nur Pauschalurteile möglich. Dies entspricht aber der Logik des Verfahrens, jede Verletzung als gleich schwerwiegend anzusehen. Wenn die Anzahl der Zielverfehlungen von einer Periode auf die andere zugenommen hat, dann bedeutet dies eine stärkere Abkehr von den langfristigen Leitzielen. Die erneute Zählung früher verursachter Immissionseffekte erweist sich jetzt als systematisch. Für die Beurteilung dieses Maßes bei den Stromgrößen ist zu beachten, daß von Jahr zu Jahr die höchstzulässigen Emissionsmengen variieren (sinken) können, weil aufgrund früher verursachter Langfristeffekte das Regenerationsvermögen der Umweltmedien anhaltend beeinflußt (beeinträchtigt) wird. Die ausgewiesene Anzahl der Zielverfehlungen bezieht sich nicht auf eine gleiche Höchstemissionsmenge. Wesentlich ist auch folgende Einschränkung: Wenn im Zuge einer nachhaltigkeitsorientierten Politik das Ausmaß der Zielverletzungen deutlich reduziert werden konnte, dies sich aber nicht merklich auf die Anzahl der Verstöße ausgewirkt hat, dann wird keine ökologische Verbesserung ausgewiesen, obwohl sie tatsächlich eingetreten ist.

Der Vorteil des reinen Konzepts liegt in seiner Einfachheit. Das Kriterium der Normeinhaltung erfordert keinen allzu großen Meßaufwand und spart deswegen Kosten. Es ist nicht notwendig, exakte Daten über das Ausmaß der tatsächlichen Umweltnutzung zu ermitteln, weil die bloße Feststellung der Normüberschreitung bereits ausreichend ist. Nur im Bereich der geringen Zielverfehlungen ist exakt zu messen, weil dies den entsprechenden Wert p_{ij} determiniert. Dieser Sachverhalt deutet das Grundproblem des Ansatzes an: Die vollständige Abstraktion vom Ausmaß der Zielverfehlung erscheint alles in allem nicht problemadäquat. Die Gleichstellung der verschiedenen Zielverletzungen ist bei starker Gefährdung der Lebensbedingungen des Menschen durch Umweltverschlechterungen gerechtfertigt. Nachhaltigkeitsnormen müßten also als absolute Höchstbelastungswerte definiert sein. Tatsächlich wird in aller Regel aber bereits vorher Umweltpolitik betrieben und werden nur geringere Belastungsgrade konzediert. Dann aber besteht ein Spielraum, Abweichungen von diesen Werten unterschiedlich zu beurteilen. Eine Gewichtung der Zielverfehlung ist unumgänglich. Für das kurzfristige Nachhaltigkeitskonzept scheidet vor diesem Hintergrund die "reine" Aggregationsmethode in jedem Fall aus, denn es verbietet sich, jeweils unterschiedliche Umweltqualitäten zu Beginn der Basisberichtsperioden als gleich gefährlich einzustufen.

3. Mischformen I: "Person-Episode-Days" (PED)

Bei dieser Aggregationsmethode⁴ werden Normverletzungen mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren relativiert. Die Konstruktion des Indikators vollzieht sich in zwei Schritten. Der erste Schritt ist der gleiche wie bei dem oben beschriebenen Ansatz. Man stellt die Häufigkeit der Normverletzungen in Hinsicht auf alle Nachhaltigkeitspunkte fest. Vorgehensweise und Probleme sind diesel-

⁴vgl. Alfsen, K.H./Saebo H.V.: *Environmental Quality Indicators: Background, Principles and Examples from Norway*. In: *Environmental and Resource Economics*. Jg. 3 (1993), H. S. 415-435, insbesondere S. 423 f.

ben wie dort. Im zweiten Schritt wird diese Zahl mit der Anzahl der Personen multipliziert, die im Einzugsgebiet der jeweiligen Meßstelle ihren Wohnsitz haben. Die Gewichtung erfolgt also mit Hilfe der Zahl der potentiell Betroffenen. Aus diesem Grund ist der Ansatz auch nur in bezug auf die Umweltnutzung im engeren Sinne und nicht auf Ressourcenprobleme anwendbar. Als Ergebnis erhält man für den Schadstoff i die Anzahl sogenannter "Person-Episode-Days" (PED_{ij}) mit p_{ij} als Zahl der Normverletzungen an der Meßstelle j in der Berichtsperiode ("episode-days") und f_{ij} als Zahl der insgesamt davon betroffenen Personen:

$$PED_{ij} = \sum_j f_{ij} \cdot p_{ij}$$

Man könnte weiterhin daran denken, diese Werte über alle betrachteten Schadstoffe hinweg aufzusummieren. Im Endeffekt würde man den Indikator der "Total-Person-Episode-Days" (TPED) erhalten:

$$TPED = \sum_i PED_{ij}$$

Ein Wert von null bedeutet, daß alle Standards eingehalten worden sind und/oder daß niemand durch Normverletzungen in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Je geringer dieser Wert ist, desto seltener wurden die Standards nicht eingehalten und/oder desto weniger Menschen waren davon betroffen (und analog umgekehrt). Im Endeffekt zählt der Indikator die von Normverletzungen Betroffenen (und nicht mehr wie oben nur die Normverletzungen). Für eine sinnvolle Interpretation muß man wie oben den maximal möglichen Wert des Indikators kennen. Dieser ergibt sich, wenn alle Ziele verletzt werden, als Anzahl der davon Betroffenen. Man kann deswegen den tatsächlichen Indikatorwert und seinen Maximalwert ins Verhältnis setzen. Je näher an eins dieser Wert liegt, um so schlechter ist die Situation. Sind beispielsweise aufgrund entsprechender Zielformulierungen insgesamt 1 Mio PED pro Jahr möglich und werden 100000 PED festgestellt, nimmt der Indikator den Wert 0,1 an. Man befindet sich damit relativ nahe am Ziel (Indikatorwert von null).

Durch die Berücksichtigung der Zahl der Betroffenen kommt ein wohlfahrtstheoretisches Element ins Spiel. Umweltprobleme werden um so weniger schwerwiegend empfunden, je weniger Betroffene es gibt (und analog umgekehrt). Der strikte Ökosystembezug fehlt in diesem Ansatz. Ein menschenleerer, aber völlig verseuchter Raum geht nicht in den PED-Indikator ein. Im Prinzip würde es deswegen in diesem Kontext ausreichen, nur Nachhaltigkeitsziele zu formulieren, wenn Menschen vom entsprechenden Umwelteingriff betroffen sein können. Dieser Mangel ist sicherlich die Folge der primären Absicht, Gesundheitsgefahren mit Hilfe des Indikators zu beschreiben. Die Übertragung der Methode auf Situationen, in denen keine unmittelbare Gesundheitsgefahr besteht erscheint damit schwierig. Bereits die Bezugnahme auf die Anzahl der in diesem Gebiet Ansässigen stellt eine Vereinfachung dar. Wenn sich der betrachtete Nachhaltigkeitspunkt etwa in einem Gebiet befindet, das sehr stark von Pendlern frequentiert wird, sind von Normüberschreitungen regelmäßig sehr viel mehr Menschen betroffen als in einem Gebiet, in dem sich immer ungefähr gleich viele Menschen aufhalten. Hinzu kommt, daß die Belange zukünftiger Generationen nur

sehr unzureichend in den PED reflektiert werden. Insofern kann der Indikator einem Grundanliegen des Nachhaltigkeitsansatzes nicht gerecht werden.

Problematisch ist grundsätzlich, daß sich jeder Wert des Indikators aus verschiedenen Kombinationen der beiden Variablen ergeben kann: Sowohl eine geringe Anzahl von Normverstößen bei relativ großer Zahl von Betroffenen als auch eine moderate Anzahl von Verstößen und mittlerer Betroffenenanzahl als auch eine hohe Zahl an Normverletzung kombiniert mit wenigen Betroffenen sind denkbar (und analog umgekehrt). Die Intensität der Normverletzung spielt hier ebenfalls keine Rolle. Ob ein bestimmter Akt der Umweltnutzung in den Indikator eingeht, entscheidet einzig und allein die Tatsache der Normverletzung bzw. -einhaltung. Bei gleicher Anzahl von Betroffenen ergibt sich bei jeder Intensität von Umweltübernutzung derselbe Wert. Der binäre Charakter der Entscheidung bleibt erhalten. Die PED verwischen damit Informationen, die für eine angemessene Einschätzung der Umweltsituation vonnöten sind. Unabhängig von ihrer Höhe werden alle Grenzwertverletzungen gleich behandelt, obwohl dies aus human- und ökotoxikologischer Sicht nicht gestattet sein kann. Die dadurch implizierten Substitutionsmöglichkeiten die Intensität, die Zeit und den Ort der Umweltbelastung betreffend sind sicherlich nicht vorhanden. Betrachtet man den TPED, so verschärft sich diese Problematik, weil nun die implizit unterstellte Substituierbarkeit zwischen den einzelnen Schadstoffen hinzukommt.

Welche Informationen lassen sich aus einer Veränderung des PED- bzw. TPED-Wertes (bzw. den Durchschnittsindikatoren) im Zeitablauf gewinnen? Eine Erhöhung der Werte kann zweierlei bedeuten: Zum einen kann dies signalisieren, daß *ceteris paribus* eine größere Anzahl von Menschen von einer bestimmten Normverletzung betroffen gewesen ist, etwa weil Migrationsbewegungen stattgefunden haben. Zum anderen kann dies auf eine größere Zahl von Normverletzungen bei gleicher Betroffenenzahl hinweisen. Schließlich sind Mischformen dieser beiden Effekte denkbar. Welche Veränderungen für die Zu- oder Abnahme des Wertes verantwortlich sind, läßt sich nicht ablesen. Aufgrund der binären Vorgehensweise werden auch Veränderungen im Zielerreichungsgrad nicht abgebildet. Wenn beispielsweise die Umweltpolitik dazu beigetragen hat, daß gravierende Grenzwertverletzungen zwar nicht vollständig, aber doch sehr weit zurückgeführt worden sind, so bildet der Indikator diese eindeutige Verbesserung der Situation nicht ab (und analog umgekehrt).

Als größter Mangel des Ansatzes erweist sich die implizierte Ja-Nein-Entscheidung, die das Ausmaß der Zielverletzung weiterhin vernachlässigt. Die wohlfahrtstheoretisch inspirierte Gewichtung kann dies zwar bis zu einem gewissen Grad korrigieren, bleibt jedoch vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitsansatzes insgesamt unbefriedigend. Nachhaltigkeitsrelevante Aspekte (insbesondere die Belange Zukünftiger) werden verwischt. Aussagekräftige Nachhaltigkeitsindikatoren haben folglich den Grad der Normverletzung bzw. -einhaltung einzubeziehen.

4. Mischformen II: "Rates-to-Goals"-Ansatz

Dieses Anliegen berücksichtigt der "Rates-to-Goals-Ansatz" in besonderem Maße.⁵ Wiederum geht man davon aus, daß keine Bewertung eines Normverstoßes im ökonomischen Sinn möglich ist. Die relative Abweichung vom Ziel wird zum eigentlichen Indikatorinhalt. Um den Grad der (Nicht)Nachhaltigkeit anzuzeigen, kann man bezogen auf ein vorab definiertes Belastungsgebiet und -medium die tatsächlichen und die maximal zulässigen Umweltbelastungen ins Verhältnis setzen ("Rates-to-Goals"). Die Herstellung der zur Aggregation notwendigen Kommensurabilität erfolgt also, indem auf dimensionslose Größen zurückgegriffen wird. Die Aufsummierung der Abweichungen über alle Nachhaltigkeitspunkte j und alle Umwelteinwirkungen i kann dann als Index RG für die Gesamtbelastung dienen.

Da hier nicht mehr die binäre Betrachtung angewandt wird, ist zunächst fraglich, wie Meßpunkte zu behandeln sind, an denen die Normen erfüllt oder gar übererfüllt werden. Es erscheint wünschenswert zu vermeiden, daß solche Übererfüllungen gegen Normverletzungen aufgerechnet werden. Denn der Nachhaltigkeitsansatz schließt die auf diese Weise implizierten Substitutionsmöglichkeiten aus: Zieldefizite an einigen Stellen lassen sich nicht durch Zielüberschüsse an anderen Stellen kompensieren. Man kann daran denken, solche Konstellationen ganz aus dem Indikator herauszunehmen. Dies könnte das Gesamtbild allerdings gravierend verfälschen, etwa wenn sich derselbe Indikatorwert im einen Fall auf 1000, im anderen Fall nur auf 100 Merkmale bezieht und die restlichen 900 Kriterien im zweiten Fall erfüllt sind. Die Gesamtsituation würde unter diesen Umständen sehr viel schlechter dargestellt, als es der Realität entspricht. Um also das Gesamtbild nicht zu verfälschen, müssen auch Ziel(über)erfüllungen in den Indikator eingehen. Als Lösung bietet es sich an, einzelne Nachhaltigkeitspunkte definitionsgemäß mit dem Wert eins im Index zu berücksichtigen, wenn das Soll übererfüllt wird, d.h. wenn die tatsächlichen Entnahmen bzw. Schadstoffeinleitungen geringer sind als zulässig. Formal (mit F_{ij} als beobachteter und FK_{ij} als noch zulässiger kritischer Umweltnutzung):

$$RG = \sum_j^m \sum_i^n q_{ij}, \quad \text{mit } q_{ij} = \begin{cases} 1 \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ \frac{F_{ij}}{FK_{ij}} \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Dabei gibt $\frac{F_{ij}}{FK_{ij}}$ das Verhältnis von tatsächlicher und normgerechter Umweltnutzung an, das hier als Gewichtungsfaktor fungiert. Wie im PED-Ansatz wird auf diese Weise neben der bloßen Anzahl der Normverletzungen ein weiteres Bestimmungselement für den Wert des Indikators eingeführt. Wenn die Nachhaltigkeitsnormen an allen Meßpunkten immer eingehalten werden, nimmt der Index den Wert $m \cdot n$ an. Dieser Wert stellt auch das eigentliche Politikziel dar und ohne seine Kenntnis ist keine sinnvolle (statische) Interpretation möglich. Man muß also als Benutzer die Zahl aller Meßstellen und berücksichtigten Nutzungsarten kennen. Je mehr der Indikator von diesem Minimalwert abweicht, desto größer ist die aggregierte Zielverfehlung. Die Linearität der

⁵Vgl. Opschoor H./Reijnders, L.: Toward Sustainable Development Indicators. In: Kuik, O./Verbruggen, H. (Hrsg.): In Search of Indicators of Sustainable Development. Dordrecht u. a. O. 1991, S. 18 ff.

Gewichtung ist möglicherweise nicht problemadäquat. Man kann diesem Mangel abhelfen, indem man die Gewichte mit steigender Nutzungsrelation ansteigen läßt. Als neuer Indikator läßt sich RG_a^* definieren (mit $a > 1$):

$$RG_a^* = \sum_j^m \sum_i^n q_{ij}^a \quad \text{mit } q_{ij} = \begin{cases} 1 \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ \frac{F_{ij}}{FK_{ij}} \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Je größer die Abweichung vom kritischen Wert, desto größer ist das Gewicht, mit dem die entsprechende Normverletzung in den Indikator eingeht. Dabei erhält jede Abweichung ein um so größeres Gewicht, je größer man den Wert für a vorgibt. Diese Festlegung muß zwangsläufig recht willkürlich geschehen; sie sollte in irgend einer Weise die gesellschaftlichen Präferenzen für Nachhaltigkeit reflektieren und nicht aufgrund von Expertenentscheidungen erfolgen.

Weil auch ohne Kenntnis des Indikatorzielwertes interpretierbar, besitzt der Wert der durchschnittlichen Nutzungsrelation RG^* mehr unmittelbare Aussagekraft. Man erhält diesen, wenn man RG durch die Zahl der Beobachtungen dividiert:

$$RG^* = \frac{1}{m \cdot n} \sum_j^m \sum_i^n q_{ij} \quad \text{mit } q_{ij} = \begin{cases} 1 \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ \frac{F_{ij}}{FK_{ij}} \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Sein Wert wird gleich eins, wenn keine Normverletzungen beobachtet werden. Es wird der Wert der durchschnittlichen Zielabweichung bzw. seine Veränderung im Zeitablauf abgebildet. Beispielsweise signalisiert ein Wert von 1,3, daß im Durchschnitt eine Zielverfehlung von 30% stattgefunden hat. Dies gilt unabhängig von der Zahl der zu berücksichtigenden Nachhaltigkeitspunkte, und in dieser erleichterten Interpretierbarkeit liegt der wesentliche Vorteil dieses Indikators. Über das Verhältnis von Anzahl der Ziele und Anzahl der Zielverfehlungen lassen sich keine Aussagen machen. Im Extremfall ist es denkbar, daß nur einige wenige, aber dafür sehr gravierende Zielverfehlungen für einen bestimmten Durchschnittswert verantwortlich sind. Analog zu oben läßt sich zur Berücksichtigung einer ansteigenden Gewichtung von Zielverfehlungen ein geometrisches Mittel RG_g^* definieren, das ebenfalls direkt als Durchschnittswert interpretierbar ist:

$$RG_g^* = \left[\sum_j^m \sum_i^n q_{ij}^a \right]^{-(m \cdot n)} \quad \text{mit } q_{ij} = \begin{cases} 1 \Leftrightarrow F_{ij} \leq FK_{ij} \\ \frac{F_{ij}}{FK_{ij}} \Leftrightarrow F_{ij} > FK_{ij} \end{cases}$$

Die Veränderung der Indexwerte im Zeitablauf signalisiert, ob der Grad der durchschnittlichen Zielverfehlung steigt oder sinkt. Wenn der Wert ansteigt, hat eine weitere Abkehr vom (periodenbezogenen respektive langfristig begriffenen) nachhaltigen Pfad stattgefunden, und vice versa. Ein Anstieg des Wertes von RG_a^* von 1,3 auf 1,5 bedeutet, daß die durchschnittliche Zielverfehlung von 30% auf 50% angestiegen ist. Für RG_g^* ist eine derartige auf Prozentwerte bezogene Aussage nicht möglich. Dabei ist auch interessant, wie sich der Indikatorwert ändert, wenn aufgrund von Zielverfehlungen der Vergangenheit Zielrevisionen nötig sind. Bei gleicher laufender Umweltnutzung hat eine Zielverschärfung eine Erhöhung des Wertes zur Folge, weil nun der

Grad der Zielverfehlung höher ist. Die Abkehr vom Nachhaltigkeitspfad wird korrekt abgebildet. Zur sinnvollen Interpretation muß wie bei allen hier untersuchten Ansätzen bekannt sein, welcher Zeithorizont angelegt wird. Bei reinem Periodenbezug reflektiert derselbe Indikatorwert einen völlig anderen Sachverhalt als im Rahmen des langfristigen Ansatzes. Dabei gilt die oben herausgearbeitete Asymmetrie: Langfristige Nachhaltigkeit impliziert Umweltneutralität in der Berichtsperiode, aber nicht umgekehrt. Für die Beurteilung der Veränderung der Situation ist unbedingt darauf zu achten, daß immer derselbe Zeithorizont gilt.

Im Rates-to-Goals-Ansatz dominiert der Ökosystembezug. Hier zeigt sich der intergenerationelle Kontext, in dem der Nachhaltigkeitsansatz primär steht. Wenn zum Zeitpunkt der Messung kein einziger Mensch durch die Normverletzung einen Schaden erfahren hat, geht dies genauso in den Index ein, wie wenn beispielsweise eine ganze Stadt stark in Mitleidenschaft gezogen wird. Auf die Problematik des Schadenskonzeptes, das alle Zielverfehlungen identisch behandelt, ist schon hingewiesen worden. Die Kritikpunkte gelten auch in diesem Kontext. Das Aggregationsverfahren hat zur Folge, daß gravierende Normverletzungen an einzelnen Referenzpunkten kaum ins Gewicht fallen, wenn die Situation im sonstigen Durchschnitt nicht allzu stark von der Norm abweicht. Rückschlüsse auf die konkrete Problemlage in einzelnen Meßzonen, auf einzelne Meßzeitpunkte und auf einzelne Schadstoffe sind nicht möglich. Ein niedriger Indexwert muß also keinesfalls bedeuten, daß die Situation gleichmäßig relativ gut ist – sie ist im Durchschnitt relativ gut. Ausreißer nach oben werden unvermeidlich verwischt. Auf speziellen Handlungsbedarf kann ein Durchschnittsindikator in keinem Fall hinweisen. Wie immer bei aggregierten Betrachtungen sind keine Rückschlüsse auf die Verteilung der Merkmale möglich.

Die Hauptprobleme aller Nachhaltigkeitsansätze liegen in der Abgrenzung der Referenzzonen bzw. -medien und in der Festlegung der Nachhaltigkeitsnormen. Auf diese Problemfelder soll hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Man muß eine Entscheidung darüber treffen, welche räumliche und zeitliche Perspektive dem Konzept zugrunde liegen soll. In Hinsicht auf Schadstoffe geben die Managementregeln Anhaltspunkte dafür: Der räumliche Bezug wird durch den jeweiligen Charakter als Lokal-, Regional- oder Globalschadstoff vorgegeben. Der zeitliche Bezug ergibt sich aus der Dauer der Assimilation: Wenn keine Probleme zeitlicher Spitzenbelastungen auftreten, die zu einer Übernutzung des Umweltmediums führen, ist nur einmal pro Periode eine Messung durchzuführen. Je kürzer der assimilationsrelevante Zeitraum ist, desto mehr Ziele und Referenzpunkte sind zu berücksichtigen. Für Bestände an erneuerbaren Ressourcen läßt sich vor allem der Raumbezug nicht so einfach herstellen: Es muß offen bleiben, ob sich der Zielbestand auf die gesamte Volkswirtschaft bezieht oder ob wie auch immer definierte Subbestände betrachtet werden. Festzuhalten ist, daß die Definition der Referenzbestände und damit auch die Zahl der Ziele eine weitere komplexe Aufgabe ist. Entscheidend ist, daß die Zielformulierung der Indikatorerstellung vorausgehen muß. Da streng genommen für jeden Referenzpunkt separat ein Soll-Wert festzulegen ist, kann man davon ausgehen, daß entgegen der Intention letztlich Experten die Zieldefinition vornehmen. Dies gilt in besonderem Maße für notwendige Zielrevisionen. Insgesamt läßt sich die implizierte Abwägungsproblematik nicht umgehen; jede Zielfindung ist

grundsätzlich Resultat einer gesellschaftlichen Entscheidung: "Society chooses her objectives somewhere between zero and the point of reference [d.h. definitionsgemäß dem unbelasteten vorindustriellen und damit mit hoher Wahrscheinlichkeit ökologisch stabilen Zustand]. This, in essence, is making a choice between the direct costs of measures and the loss of guarantees for sustainability in the long term. The search for a concrete ecological objective can therefore be reduced to the question: *'what ist the maximum acceptable distance to the point of reference?'*"⁶ Auch das Problem des abzubildenden Zeithorizontes ist vorab zu klären. Zur Lösung dieser fundamentalen Fragen können Nachhaltigkeitsindices, wie sie hier präsentiert worden sind, nichts beitragen – ihre Erstellung setzt vielmehr die Lösung dieser Fragen voraus. Damit können Nachhaltigkeitsindikatoren einem in der Umweltindikatoren-debatte regelmäßig geäußerten Anliegen prinzipiell nicht gerecht werden: Makroindikatoren sollen unter anderem dazu dienen, die Öffentlichkeit in den umweltpolitischen Zielfindungs- und Entscheidungsprozeß zu integrieren. Wenn sie jedoch bereits Umweltziele voraussetzen, sind sie in dieser Hinsicht funktionslos. Ihre Aufgabe kann es nur sein, im weitesten Sinn auf den Grad der Zielverfehlung hinzuweisen.

5. Folgerungen

- Indikatoren der kurzfristigen Nachhaltigkeit sind leicht mißverständlich. Sie signalisieren lediglich Abweichungen von den jeweiligen Periodenzielen, nicht aber die längerfristige Entwicklung der Umweltbedingungen.
- Das "reine" Aggregationskonzept erweist sich für die Indikatorkonstruktion als untauglich, weil es wegen der binären Entscheidung insbesondere Veränderungen innerhalb des Bereiches der nicht-nachhaltigen Nutzung vernachlässigt. Sinnvollerweise hat der Zielerreichungsgrad in die Aggregation einzugehen.
- Die Gewichtung mit Hilfe von Kriterien, die im wohlfahrtstheoretischen Kontext stehen, erweist sich als nicht tragfähig. Denn der strikte Ökosystembezug des Nachhaltigkeitskonzeptes, der dem intergenerationellen Anliegen in besonderem Maße Rechnung trägt, wird auf diese Weise "verwässert".
- Die Ermittlung des Wertes der gewichteten oder ungewichteten durchschnittlichen Zielabweichung ergibt den aussagekräftigsten Nachhaltigkeitsindikator. Diese Methode ist der rein additiven Verknüpfung überlegen, weil ohne weitere Informationen statisch und dynamisch angemessene Aussagen abgeleitet werden können. Die Grundproblematik dieses Indikators eröffnet sich im Vorfeld, nämlich bei der Feststellung aller Umweltziele und Abgrenzung der Nachhaltigkeitspunkte in sachlicher, räumlicher und zeitlicher Hinsicht, sowie bei der Festlegung des Zeithorizontes.

⁶ten Brink, B.: The AMOEBA Approach as a Useful Tool for Establishing Sustainable Development? In: Kuik, O./Verbruggen, H. (Hrsg.): In Search of Indicators of Sustainable Development, a. a. O., S. 71 ff, hier S. 78 (Hervorhebung im Original).

- Das Schadenskonzept des Nachhaltigkeitsansatzes, nämlich alle Zielverfehlungen gleich zu behandeln, erscheint nicht haltbar. Dies macht die Aggregationsproblematik besonders deutlich. Denn die gleiche relative Verfehlung eines auf die gesamte Berichtsperiode und die gesamte Volkswirtschaft bezogenen Zieles (z.B. für CO₂) geht genauso in die entsprechenden Indikatoren ein, wie dies beispielsweise für ein tagesbezogenes Ziel in einem kleinen Gebiet (z.B. für Ozon) der Fall ist, obwohl die ökologischen Folgen beider Übernutzungen höchst unterschiedlich sind.
- Sollte sich der Anspruch quantitativer Zielvorgaben nicht durchsetzen können, so muß sich die um Umweltaspekte erweiterte VGR mit einer bloßen Auflistung der tatsächlichen Emissionen, Ressourcenentnahmen, Umweltqualitäten und Ressourcenbestände begnügen (deskriptive Indikatoren). Dann bleibt zwar das bisherige Prinzip der VGR gewahrt, möglichst nur tatsächliche Vorgänge und Zustände zu erfassen, die erweiterte Rechnung liefert aber keine Informationen über den Grad der nachhaltigen Umweltnutzung. Die Darstellung müßte in stark disaggregierter Form erfolgen, weil Bewertungsmaßstäbe für eine Vereinheitlichung fehlen. Eine teilweise Zusammenfassung der heterogenen Umweltphänomene ist mit Hilfe folgender Techniken möglich:
 - Addition der Emissionsmengen eines Schadstoffes. Dieses Verfahren wird bei allen wichtigen Luftschadstoffen angewandt, es ist jedoch nur für Globalschadstoffe hinreichend aussagefähig.
 - Ermittlung durchschnittlicher Immissionswerte für einen Schadstoff. Aus den Belastungen an den einzelnen Meßpunkten wird der nationale Durchschnitt gebildet. Im Luftgütebereich werden z. B. Immissionswerte SO₂, NO_x, Staub und bodennahes Ozon ausgewiesen, die Durchschnittsbildung ist bei starken regionalen Unterschieden im Verschmutzungsgrad der Umweltmedien wenig informativ.
 - Gewichtung unterschiedlicher Schadstoffe mit gleichartigem Umwelteffekt nach der spezifischen ökologischen Schädlichkeit. Emissionen lassen sich teilweise in äquivalenten Einheiten eines Leitschadstoffes ausdrücken. Die Gewichtung erfolgt anhand physikalischer, chemischer oder biologischer Kriterien. Auf diese Weise können z. B. die verschiedenen Spurengase, die den Treibhauseffekt erzeugen zusammengefaßt werden (ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten), ebenso die verschiedenen Substanzen, die die Ozonschicht angreifen (in F₂₁-Äquivalenten). Andere Beispiele sind die Aggregation sauerstoffzehrender Abfallstoffe im Abwasser (ausgedrückt in BSB₅ oder CSB), sowie der Beitrag verschiedener Nährstoffe im Abwasser zur Eutrophierung (in Gesamt- Phosphor).
 - Gewichtung unterschiedlicher Schadstoff nach der Toxizität. Zusammengefaßt werden Schadstoffe, die unterschiedliche Schäden hervorrufen. Im Luftgütebereich verwendet man die sog. Toxizitätsfaktoren. Die Gewichtung erfolgt anhand der Immissionswerte der TA-Luft, der Immissionswerte (MIK) des VDI oder sonstiger wissenschaftlich abgesicherter Grenzwerte. Als Leitstoff wird Kohlenmonoxid (CO) verwendet. Die Toxizitätsfaktoren

drücken die Schädlichkeit (Gesundheits-, Vegetations- und Materialschädlichkeit) der relevanten Stoffe in Bezug auf Kohlenmonoxids aus. Ein Stoff mit einem doppelt so hohen Immissionswert wie CO wird beispielsweise als halb so schädlich begriffen. Es erfolgt keine Differenzierung nach Über- oder Unterschreiten der Immissionswerte. Auch wird nicht zwischen verschiedenen Gesundheitsrisiken unterschieden. Die Immissionswerte drücken lediglich aus, daß bei Überschreiten der Verschmutzungsgrade mit hoher Sicherheit generell Gesundheitsschädigungen zu befürchten sind. Wichtig ist auch folgender Einwand: Die Politik bewegt sich meist im Vorsorgebereich, bei dem definitionsgemäß noch keine Gesundheitsrisiken mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Die Toxizitätsfaktoren unterstellen daher für Vorsorge- und Gefahrenbereich die gleiche Risikorelationen, was ebenfalls eine Vereinfachung darstellt.

Zusammenfassung

Die bisherige Diskussion um Makroindikatoren für eine nachhaltige Nutzung der Umwelt weist auf eine Reihe unlösbarer Probleme bei der Konstruktion monetärer Indikatoren hin. Der alternative Ansatz, der auf physikalische Einheiten zurückgreift, hat vor allem das Problem der a priori fehlenden Kommensurabilität der unterschiedlichen Formen der Umweltnutzung zu lösen. Die Autoren präsentieren drei derartige Aggregationskonzepte und untersuchen ihre Aussagekraft. Dabei halten sie sich streng an das normative Nachhaltigkeitskonzept, das die Vorgabe von Umweltzielen und die Festlegung des anzulegenden Zeithorizontes voraussetzt. Im einzelnen werden erörtert: (1) der "reine" Ansatz, der die Häufigkeit der Zielverfehlungen zählt, (2) das "Person-Episode-Days"-Konzept, welches eine wohlfahrtstheoretische Gewichtung der Normverletzungen anwendet, und (3) der "Rates-to-Goals"-Ansatz, bei dem der Zielerreichungsgrad im Zentrum steht.

Summary

The discussion of macro-indicators of sustainable development has shown that approaches based on monetary measures are inadequate. Alternative aggregation methods relying on physical units have to establish commensurability among different forms of environmental stress. Sticking closely to the concept of sustainability, the authors analyse three aggregation techniques: (1) the "pure" approach, that counts the number of missed environmental goals, (2) the "person-episode-days"-approach, that takes welfare considerations into account, and (3) the "rates-to-goals"-approach, that pays particular attention to the degree to which environmental goals are achieved.