

Indikatoren der Umweltqualität

Von Udo Ebert und Heinz Welsch

Umweltqualitätsindikatoren liefern eine kompakte Beschreibung des Zustands der Umwelt und dienen der Erfolgskontrolle in der Umweltpolitik. Viele in der Praxis verwendete Indikatoren können zu widersprüchlichen Beurteilungen des Umweltzustandes führen. Der Beitrag zeigt diese Probleme auf und diskutiert, welche Indikatoren unter welchen Umständen sinnvoll sind.

Environmental indices provide a compact description of the state of the environment and can be employed to measure the effects of environmental policy. Many indices used in practice can lead to varying evaluations of environmental states. The article demonstrates these problems and addresses the question of which indices are meaningful in which situations.

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene sind in den letzten Jahren Indikatoren entwickelt worden, mit deren Hilfe Umweltqualität gemessen werden soll. Beispiele, die auch in der Presse einen Wiederhall gefunden haben, sind etwa der „Environmental Sustainability Index“ und der „Environmental Performance Index“ der Yale-Universität. Anhand dieser Indikatoren wurden unter anderem Ranglisten der Umweltqualität für mehr als 100 Länder erstellt. Viele der vorgeschlagenen Indikatoren und darauf aufbauende Vergleiche und Ranglisten der Umweltqualität sind aus methodischen Gründen jedoch problematisch. Dieser Beitrag beleuchtet die Probleme und zeigt auf, welche Arten von Indikatoren unter welchen Umständen sinnvoll sind.

Sinn und Zweck von Umweltindikatoren

Der Sinn eines Umweltqualitätsindikators besteht darin, eine kompakte Beschreibung des Zustandes der Umwelt zu liefern. Der Indikator drückt den Zustand der Umwelt oder bestimmte Aspekte dieses Zustandes (z.B. Luft- oder Gewässerqualität) in einer Region zu einer bestimmten Zeit in einer Maßzahl aus. Berechnet man diese Zahl nach einer einheitlichen Regel für mehrere Regionen oder Zeiträume, so können damit Vergleiche von Umweltzuständen vorgenommen werden.

Es setzt sich zunehmend durch, dass eine gute Umweltpolitik den Erfolg ihrer Arbeit transparent und für Anspruchsgruppen kontrollierbar machen sollte. Solche Maßzahlen wie Umweltindikatoren können den Akteuren der Umweltpolitik als Instrumente der Erfolgskontrolle dienen. Berechnet man zudem repräsentative Indikatoren für ganze Länder, so können auf dieser Grundlage die oben erwähnten internationalen Ranglisten gebildet und internationale Vergleiche ange stellt werden.

Umweltqualität ist ein Konglomerat einer Vielzahl von Merkmalen. Diese kann man nach bestimmten Kriterien zusammenfassen, z.B. nach den betroffenen Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft). Gewässer- oder Luft-

qualität setzen sich dann aus verschiedenen „Qualitätskomponenten“ zusammen. So kann die Gewässerqualität etwa von der Belastung mit Schwebstoffen und Chemikalien, vom Sauerstoffgehalt, von der elektrischen Leitfähigkeit und der Gewässertemperatur abhängen.

Wie oben beschrieben, soll ein Umweltqualitätsindikator die Eigenschaft haben, räumliche oder zeitliche Vergleiche von Umweltzuständen zu ermöglichen. Wie sinnvoll solche Vergleiche sind, hängt jedoch von einer Reihe von Entscheidungen ab, die bei der Bildung eines Umweltindikators getroffen werden müssen: Zunächst muss eine Auswahl der relevanten Merkmale des Umweltzustandes und eine Erhebung der entsprechenden Daten erfolgen. Anschließend müssen diese Daten zu einer Zahl verdichtet werden, die den Wert des Indikators darstellt. Dabei spielt die relative Bedeutsamkeit, die Gewichtung, mit der die verschiedenen Merkmale in den Indikator eingehen, eine wichtige Rolle.

Es zeigt sich jedoch, dass selbst dann, wenn über die Bedeutsamkeit und Gewichtung der *abstrakten* Umweltmerkmale Einigkeit unter den beteiligten Naturwissenschaftlern, Umweltpolitikern oder Wirtschaftswissenschaftlern herrscht, Vergleiche von Umweltzuständen zusätzlich davon abhängen, in welchen Einheiten die zugrundeliegenden Merkmale gemessen wurden.

Ein illustratives Beispiel

Am 15. Mai wird in Berlin eine Temperatur von 20 Grad Celsius (°C) und in New York eine Temperatur von 81,5 Grad Fahrenheit (°F) gemessen. Am 1. Juni beträgt die Temperatur in Berlin 30°C und in New York 64,4°F. Gesucht ist ein Indikator, der darüber Auskunft geben soll, ob es „im Durchschnitt“ am 15. Mai oder am 1. Juni wärmer war.

Setzt man als Indikator den Mittelwert für Berlin und New York an, erhält man für den 15. Mai $[(20^\circ + 81,5^\circ)/2 = 50,75^\circ]$ und für den 1. Juni $[(30^\circ + 64,4^\circ)/2 = 47,20^\circ]$. Die Durchschnittstemperatur wäre in den zwei Wochen demnach gesunken.

Die beschriebene Vorgehensweise mutet

insofern sonderbar an, als dass hier ein Durchschnitt aus Größen gebildet wird, die in unterschiedlichen Einheiten ($^{\circ}\text{C}$ und $^{\circ}\text{F}$) gemessen werden. Es ist deshalb naheliegend, die Messwerte in einer gemeinsamen Einheit auszudrücken. Auf diese Weise sind diese beiden Größen direkt vergleichbar. Wählt man beispielweise $^{\circ}\text{C}$ als gemeinsame Einheit, lauten die Messwerte für New York $27,5^{\circ}\text{C}$ am 15. Mai und 18°C am 1. Juni. Die Durchschnittstemperatur für den 15. Mai ergibt sich dann als $[(20^{\circ}+27,5^{\circ})/2=23,75^{\circ}\text{C}]$ und für den 1. Juni als $[(30^{\circ}+18^{\circ})/2=24^{\circ}\text{C}]$. Zum selben Ergebnis - Temperaturanstieg - gelangt man, wenn man als gemeinsame Einheit für alle Messungen nicht $^{\circ}\text{C}$, sondern $^{\circ}\text{F}$ verwendet.

Übliches Vorgehen

Das soeben skizzierte Beispiel zeigt, dass Indikatoren zu irreführenden Vergleichen zweier Umweltzustände führen können, wenn Variablen eingehen, die in unterschiedlichen Einheiten ausgedrückt sind. Was macht man zudem, wenn die Variablen nicht, wie bei $^{\circ}\text{C}$ und $^{\circ}\text{F}$ ineinander umgerechnet werden können? In diesem Fall versucht man das Problem durch Normierung der Variablen zu reduzieren. Hierbei werden die Variablen in ihrer Größenordnung aneinander angeglichen, bevor sie zu einem Indikator zusammengeführt werden. Der erreichbare Maximalwert einer Messung wird dann beispielweise jeweils auf den Wert 1 gesetzt und der Minimalwert auf 0. Verfährt man so mit verschiedenen, zu vergleichenden Variablen, spielen ihre ursprünglich unterschiedlichen Größenordnungen und Messbereiche keine Rolle mehr.

Aber auch dieses Vorgehen ist nicht unproblematisch. Unbefriedigend ist dabei die Willkürlichkeit bei der Wahl der Normierung. In der Tat gibt es eine größere Zahl prinzipieller Normierungsansätze, teilweise mit einer Vielzahl von Ausgestaltungsformen. Je nachdem, welchen man anwendet, können unterschiedliche Vergleiche von Umweltzuständen resultieren.

Sinnvolle Indikatoren

Wie können diese Schwierigkeiten überwunden werden? Um zu wirklich verlässlichen Umweltindikatoren zu gelangen, sind zwei Dinge wichtig: Erstens sind die Art der Variablen und ihre Maßeinheiten von Bedeutung. So können beispielsweise Temperaturen in Grad Celsius und Grad Fahrenheit ausgedrückt werden und Massen in

Kilogramm und Pound. Zweitens muss die Berechnungsformel für den Indikator dazu passen, d.h. es spielt eine Rolle, ob man die Variablen additiv oder multiplikativ verknüpft.

Zur Illustration soll wieder ein Beispiel betrachtet werden. Nehmen wir an, die Gewässergüte sei vom Phosphorgehalt und vom Schwebstoffgehalt abhängig. Der Phosphorgehalt beträgt bei Gewässer A $0,08$ Milligramm pro Liter und der Schwebstoffgehalt $0,12$ Gramm pro Liter. Die entsprechenden Werte in Gewässer B lauten $0,14$ Milligramm Phosphor und $0,09$ Gramm Schwebstoffe. In Hinblick auf den Phosphorgehalt ist Gewässer A also weniger belastet, dagegen in Hinblick auf den Schwebstoffgehalt das Gewässer B. Als Indikator für die Gewässergüte wählen wir nun das *Produkt* aus Phosphor- und Schwebstoffgehalt. Dann erhalten wir für A $0,08 \times 0,12 = 0,0096$ und für B $0,14 \times 0,09 = 0,0126$. Die Gewässergüte ist also in B schlechter als in A. Bemerkenswert ist, dass bei dieser Art der Indikatorbildung auch dann eine geringere Gewässergüte in B ausgewiesen wird, wenn wir beispielsweise den Schwebstoffgehalt nicht in Gramm, sondern ebenso wie den Phosphorgehalt in Milligramm pro Liter ausdrücken. Dann erhalten wir für Gewässer A einen Indikatorwert von $0,08 \times 120 = 9,6$ und für B $0,14 \times 90 = 12,6$. Der Befund, dass das Gewässer B insgesamt stärker belastet ist als A, bleibt aber erhalten, auch wenn wir eine der Variablen in einer anderen - sachlich zulässigen - Einheit ausdrücken.

Im Gegensatz zu dieser multiplikativen Verknüpfung beider Schadstoffwerte zu einem Indikator würden wir sich widersprechende Vergleiche erhalten, wenn wir die *Summe* als Indikator heranziehen würden. Wir hätten dann $0,08 + 0,12 = 0,20$ für A und $0,14 + 0,09 = 0,23$ für B, wenn Phosphor in Milligramm und Schwebstoffe in Gramm gemessen würden, also eine stärkere Belastung in B. Werden hingegen *beide* Schadstoffe in Milligramm ausgedrückt, erhalten wir $0,08 + 120 = 120,08$ für Gewässer A und $0,14 + 90 = 90,14$ für Gewässer B. In diesem Fall würde Gewässer B also als geringer belastet erscheinen.

Dieses Beispiel kann verallgemeinert werden. Bei vielen Umweltvariablen handelt es sich um Schadstoffbestände, d.h. um Massevariablen. Diese können - wie das Beispiel zeigt - in sinnvoller Weise zu Indikatoren zusammengefasst werden, indem man sie multiplikativ miteinander verknüpft. Eine additive Verknüpfung kann dagegen zu widersprüchlichen Vergleichen von Umwelt-

indikatoren führen. Genau umgekehrt verhält es sich bei Temperaturen: Die Durchschnittstemperatur steigt bzw. sinkt immer, solange die Temperaturen entweder alle in $^{\circ}\text{C}$ oder alle in $^{\circ}\text{F}$ gemessen wurden. Würde man hingegen die gemessenen Temperaturen miteinander multiplizieren, hätte die Wahl der Maßeinheit durchaus einen Einfluss. Das illustriert den Sachverhalt, dass Indikatoren, die einen eindeutigen Vergleich von Umweltsituationen erlauben sollen, in einer Weise aufgebaut sein müssen, die zu den betrachteten Variablen passt.

Nutzen für die Umweltpolitik

Ziel der Umweltpolitik ist es, eine Verschlechterung der Umweltqualität zu verhindern oder sie zu verbessern. Ob eine Verschlechterung eingetreten ist, die Anlass zum Eingreifen bildet bzw. ob ergriffene Maßnahmen erfolgreich waren, ist mitunter nicht ohne weiteres einzuschätzen, da manche Umweltaspekte sich verbessert, aber andere sich verschlechtert haben können. Um herauszufinden, in welche Richtung es „insgesamt“ gegangen ist, sind Umweltindikatoren nötig. Diese sind aber nur dann sinnvoll, wenn der Richtungsanzeiger auch robust ist. Ist das der Fall, können Indikatoren sowohl der Erfolgskontrolle von Umweltpolitik dienen als auch Prioritäten für Umweltmaßnahmen aufzeigen.

Die Autoren



Professor Dr. Udo Ebert (l.), Hochschullehrer für Volkswirtschaftslehre und Finanzwissenschaft, studierte Mathematik und Volkswirtschaftslehre an der Universität Münster, wo er auch promovierte (1975). Die Habilitation erfolgte 1986 an der Universität Bonn. Nach Lehrstuhlvertretungen in Oldenburg und Osnabrück wurde er 1989 auf eine Professur an die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg berufen. Seine Forschungsschwerpunkte sind Verteilungsprobleme in der Finanzwissenschaft, die Wirkung umweltökonomischer Instrumente und Probleme der Bewertung im Rahmen von Nutzen-/ Kosten-Analysen.

Professor Dr. Heinz Welsch (r.) siehe Seite 15.