

# UMWELTINDIKATOREN FÜR ÖSTERREICH

**Regionale und nationale Maßzahlen  
zur Dokumentation der Umweltsituation auf dem Weg  
zu einer nachhaltigen Entwicklung**

Workshop, 16.-17. November 1998, Schloß Wilhelminenberg



CONFERENCE PAPERS/TAGUNGSBERICHTE  
VOL. 26/BD. 26

CP-026

Wien/Vienna 1999

## **Projektleitung**

Bettina Götz (Umweltbundesamt)

## **Projektmitarbeiter/innen**

Andreas Chovanec, Johannes Grath, Josef Hackl, Felix Heckl, Brigitte Heinz, Karl Kienzl, Martin Kralik, Franz Meister, Irene Oberleitner, Monika Paar, Alarich Reiß, Ingomar Tölly, Wilhelm R. Vogel, Gerhard Zethner (alle Umweltbundesamt)

## **Moderation**

Wilfried Schimon – *Arbeitskreis Wasser*,  
(Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft)

Harald Zechmeister – *Arbeitskreis Natur und Landschaft, Biodiversität*,  
(Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie)

Peter Glück – *Arbeitskreis Wald*,  
(Universität für Bodenkultur, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft)

Michael Dachler – *Arbeitskreis Landwirtschaft*,  
(Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft)

Josef Zöchling – *Arbeitskreis Energie*,  
(Technische Universität Wien, Institut für Energiewirtschaft)

## **Satz/Layout**

Manuela Kaitna (Umweltbundesamt)

## **Abbildungs- und Tabellennachbearbeitung**

Manuela Kaitna

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)  
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria  
Die unverändert abgedruckten Einzelreferate geben die  
Fachmeinung ihrer Autoren wieder.

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt GmbH, Wien 1999  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-498-3

## INHALT

	Seite
<b>BEGRÜSSUNG UND EINLEITUNG</b>	
Heinz SCHREIBER Sektionschef im Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie .....	5
<b>Indikatoren – Ein Kernkonzept nachhaltiger Entwicklung</b>	
Michael NARODOSLAWSKY Technische Universität Graz, Institut für Verfahrenstechnik .....	7
<b>Stand und Strategie zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren in Österreich</b>	
Walter SCHOBER & Ingeborg FIALA Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie .....	12
<b>Auswertung zur Fragebogenerhebung des BMUJF zur Identifizierung eines Kernsets von Umweltindikatoren</b>	
Andreas WINDSPERGER Institut für Industrielle Ökologie .....	14
<b>Datengrundlagen für Umweltindikatoren in Österreich – Vorstellung der bisherigen Arbeiten</b>	
Susanne GERHOLD Österreichisches Statistisches Zentralamt .....	16
<b>Die Umweltindikatoren-Diskussion in der europäischen Umweltagentur</b>	
Peter BOSCH Europäische Umweltagentur (European Environment Agency, EEA) .....	23
<b>Ziele des Workshops</b>	
Karl KIENZL Umweltbundesamt .....	29
<b>1. PLENARDISKUSSION, 16. November 1998 .....</b>	<b>31</b>
<b>ARBEITSKREIS WASSER – IMPULSREFERATE</b>	
<b>Indikatoren einer nachhaltigen Nutzung von Oberflächengewässern</b>	
Andreas CHOVANEC & Veronika KOLLER-KREIMEL Umweltbundesamt & Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft .....	38
<b>Grundwasserqualität – Darstellungen des Zustandes als Indikator für eine nachhaltige Nutzung</b>	
Johannes GRATH Umweltbundesamt .....	53
<b>Quellwasser als Umweltindikator für die nachhaltige Nutzung des alpinen Raumes</b>	
Martin KRALIK Umweltbundesamt .....	61
<b>Vorschlag für zwei Indikatoren zur Beschreibung der Abwasseremissionen</b>	
Wilhelm R. VOGEL Umweltbundesamt .....	68
<b>ARBEITSKREIS WASSER – Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix</b>	
Moderator: Wilfried SCHIMON Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. IV/A1 .....	74

**ARBEITSKREIS NATUR U. LANDSCHAFT, BIODIVERSITÄT – IMPULSREFERATE****Die Landschaftsstruktur – ein aussagekräftiges und rasch verfügbares Indikatorenset zur Dokumentation der Umweltsituation in Österreich**

Thomas WRBKA, Erich SZERENCSITS, Andrea KISS

*Universität Wien, Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung* ..... 78**Flechten als Bio- und Umweltindikatoren**

Roman TÜRK

*Universität Salzburg, Institut für Pflanzenphysiologie* ..... 88**ARBEITSKREIS NATUR UND LANDSCHAFT, BIODIVERSITÄT****Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

Moderator: Harald ZECHMEISTER

*Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie* ..... 93**ARBEITSKREIS WALD – IMPULSREFERAT****Bestehende Indikatoren-Sets internationaler Institutionen zur Messung von Nachhaltigkeit im Bereich Wald**

Ewald RAMETSTEINER

*Universität für Bodenkultur, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft* ..... 97**ARBEITSKREIS WALD – Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

Moderator: Peter GLÜCK

*Universität für Bodenkultur, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft* ..... 105**ARBEITSKREIS LANDWIRTSCHAFT – IMPULSREFERATE****Umweltindikatoren in der Landwirtschaft – das OECD-Konzept**Gerhard ZETHNER, *Umweltbundesamt* ..... 117**Bodenindikatoren für eine nachhaltige Landwirtschaft**

Max KUDERNA

*wpa, Ingenieurbüro für Bodenkunde und technische Chemie GmbH* ..... 125**UN-Nachhaltigkeitsindikatoren zu Kapitel 14 der Agenda 21:****„Promoting sustainable agriculture and rural development“**Bettina GÖTZ, *Umweltbundesamt* ..... 131**ARBEITSKREIS LANDWIRTSCHAFT – Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

Moderator: Michael DACHLER

*Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie* ..... 133**ARBEITSKREIS ENERGIE – IMPULSREFERAT****Nachhaltigkeitsindikatoren für den Energiebereich:****Ansätze für Strategische Umweltinformationen**

Helmut HABERL

*Interdisziplinäres Institut für Forschung und Fortbildung der Universitäten Klagenfurt, Wien, Innsbruck und Graz (IFF), Abteilung Soziale Ökologie* ..... 146**ARBEITSKREIS ENERGIE – Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

Moderator: Josef ZÖCHLING

*TU Wien, Institut für Energiewirtschaft* ..... 159**2. PLENARDISKUSSION, 17. November 1998** ..... 163**Thesen und Handlungsbedarf**Bettina GÖTZ, *Umweltbundesamt* ..... 178

## **BEGRÜSSUNG UND EINLEITUNG**

**Heinz Schreiber**

*Sektionschef im Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie*

Indikatoren sind in letzter Zeit zu einem Schlagwort geworden. Ihre Notwendigkeit wird immer wieder betont. Allerdings ist noch unklar, wie groß die Bedeutung dieser Indikatoren sein kann oder sein wird. Daher begrüße ich die Zielsetzung dieser Veranstaltung des Umweltbundesamtes, die fachliche Verbindung zwischen den Themen-Bereichen, für die Indikatoren diskutiert werden, herzustellen und damit auch Grundlagen für die Umweltpolitik zu liefern.

Seit etwa 2 Jahren gibt es auch innerhalb der Europäischen Union eine klar ausgerichtete Initiative zur Erarbeitung und Verwendung von Indikatoren. Bereits vorher war im 5. Umweltaktionsprogramm der EU dargelegt worden, daß Berichte über den Zustand der Umwelt auch mit Indikatoren zu versehen sind, die geeignet sind, Trends und Veränderungen aufzuzeigen. Die Frage stellt sich

- wie können klar definierte Indikatoren erarbeitet werden,
- wie aussagekräftig sind sie und
- wie relevant sind sie für politische Entscheidungen.

Vor allem von der wissenschaftlichen Seite wurde in den letzten Jahren immer wieder die Forderung erhoben, daß Indikatoren erst dann verwendet werden sollen, wenn der wissenschaftliche Hintergrund und die wissenschaftliche Basis sehr genau und sehr detailliert aufbereitet worden sind. Dies kann allerdings dazu führen, daß noch viele Jahre an diesem Thema gearbeitet wird, ohne in der Wissenschaft, Wirtschaft und in den anderen Bereichen der Verwaltung eine Einigung erzielt zu haben, welche Indikatoren nun tatsächlich zu verwenden sind.

Das BMUJF hat im Jänner 1998 gemeinsam mit Frankreich einen Workshop innerhalb der EU veranstaltet, um den „Brückenbau“ zwischen der reinen wissenschaftlichen Arbeit und dem zu beginnen, was in der Administration und in der Politik als tägliches Werkzeug benötigt wird und auch dafür verwendbar ist. Damals wurde auch die Vorstellung eines „Eisberges“ skizziert; man benötigt eine große Menge an wissenschaftlichen Daten, um an der Spitze einen aussagekräftigen Indikator als Instrument und Entscheidungsgrundlage der politischen Umsetzung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen zu bekommen.

Natürlich sind Indikatoren nie wirklich objektiv und können nicht für sich alleine gesehen werden. Es wird z. B. notwendig sein, auf regionale und geographische, aber auch verschiedene ökonomische und soziale Problemstellungen einzugehen. Damit kann wahrscheinlich ein – allerdings kleines – „Core-Set“ von Indikatoren definiert werden, das weltweit zur Beschreibung der Umweltsituation zum Einsatz kommen könnte.

Unser Ziel sind also in der Praxis verwendbare Indikatoren, bei denen es auch empirisch eine Weiterentwicklung geben wird und geben muß; vor allem durch die Vernetzung hin zu aussagekräftigen „Globalindikatoren“.

Wir haben beim EU-Gipfel in Cardiff im Juni 1998 ein klares politisches Mandat erhalten: Der Verkehrsministerrat, der Landwirtschaftsministerrat und der Energierat wurden aufgefordert, Berichte über ihre Aktivitäten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bis zum Wiener Gipfel im Dezember 1998 zu erstellen. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, daß diese Berichte auch Indikatoren zu enthalten hätten. Die Zeitspanne war zu kurz, um ein komplettes Set an Indikatoren in den drei Berichten zu fixieren, doch bleibt dies eine Zielsetzung für die Zukunft. Es gibt bereits sehr gute Vorarbeiten im Bereich Umwelt und Verkehr und es gibt auch Ansätze in den Bereichen Landwirtschaft und Energie.

Umfangreiche Arbeiten werden unter österreichischer Mitwirkung bei der OECD und bei EU-ROSTAT schon seit Jahren in hoher Qualität geleistet. Auch die Europäische Umweltagentur hat über Auftrag der Mitgliedstaaten und der Europäischen Kommission begonnen, die Frage der Indikation sehr intensiv zu bearbeiten.

Die Environmental Policy Review Group der EU hat im September 1998 ein Kurzseminar über die Einführung und politische Bedeutung von Indikatoren abgehalten. Es gibt damit klare Anzeichen und Tendenzen, den Indikatoren in Zukunft in manchen Bereichen eine ganz entscheidende Rolle zuzuordnen; in der Wirtschaftspolitik, in der Landwirtschaftspolitik und insgesamt in vielen Bereichen der Förderungspolitik. Wenn wir hier nicht unser know-how und unsere Positionen sowohl als Land Österreich als auch als EU einbringen, wird diese Diskussion von anderen geführt werden und wir werden möglicherweise mit Systemen und Parametern konfrontiert, die wir nicht akzeptieren können.

Als ein Beispiel dafür möchte ich den Bereich Landwirtschaft ansprechen. In einem Seminar über Indikatoren in der Landwirtschaft war bereits erkennbar, wie mit diesem Instrument Politik gemacht werden kann. So könnte sich im Rahmen der WTO (World Trade Organisation) ergeben, daß wir mit Parametern konfrontiert werden könnten, die in keiner Weise unseren Intentionen entsprechen, die aber möglicherweise für Förderungen, d. h. für entsprechende finanzielle Unterstützungen in der Landwirtschaft, herangezogen werden.

Dieses aktuelle Beispiel zeigt, daß wir in der Verwendung von Indikatoren am Weg von der rein wissenschaftlichen Arbeit zur klaren Umsetzung im politischen Alltag sind. Wir werden im Bereich Umwelt, und damit auch langfristig im Bereich nachhaltige Entwicklung, ganz klare Indices und Indikatoren brauchen, an denen sich die Politik orientieren kann.

Im Amsterdamer Vertrag der EU wurde unter Artikel 6 die Integration der Nachhaltigkeit in alle Politikbereiche festgeschrieben und damit auch eine gesetzliche Grundlage geschaffen, diese Integration durchzuführen und zu implementieren.

Auch dabei wird die Frage der Indikatoren eine wichtige Rolle spielen. Insgesamt ist daher die fachliche Aufbereitung der Grundlagen für Indikatoren eine wichtige Frage für ein großes politisches Aktionsfeld, das genutzt werden kann und genutzt werden muß.

# **INDIKATOREN – EIN KERNKONZEPT NACHHALTIGER ENTWICKLUNG**

**Michael Narodoslawsky**

*Technische Universität Graz, Institut für Verfahrenstechnik*

## **1 EINLEITUNG**

Ich sehe meine Aufgabe nicht so sehr darin, zu erklären, was Indikatoren sind – ich glaube, daß das alle Anwesenden wissen. Ich glaube auch nicht, daß von mir erwartet wird, daß ich erzähle, wie man Indikatoren ableitet. Nach 10 Jahren Arbeit auf dem Gebiet tut es mir einmal gut, über Indikatoren aus der Vogelperspektive zu sprechen.

Ich will ein kontroversielles Referat halten, in dem ich zeigen will, welchen Stellenwert Indikatoren einnehmen.

Ohne ein solches Kernkonzept gibt es keine nachhaltige Entwicklung, d. h. Indikatoren sind aus meiner Sicht etwas ganz Wesentliches im Bereich nachhaltiger Entwicklung.

## **2 EINE GESCHICHTE ZU BEGINN**

Irgendwo in unserer Galaxie existiert ein Planet, auf dem es sehr intelligente Wesen gibt. Diese Wesen haben Fragen wie z. B. „Wie geht nachhaltige Entwicklung?“ schon seit Generationen hinter sich, aber trotzdem sind sie noch unglücklich, weil es sehr viele Fragen gibt, die sie nicht lösen können, insbesondere die Grundfragen: Was ist das Leben, was ist das Ziel des Lebens? So kommen sie zusammen und beschließen, einen Supercomputer zu konstruieren, der ihnen diese Fragen beantwortet. Es arbeiten zwei Generationen der besten Köpfe auf diesem Planeten daran, daß so ein Supercomputer entsteht, er entsteht dann auch und wird mit großem Zeremoniell in Betrieb genommen und beginnt zu rechnen und rechnen und rechnen, generationenlang wird der Computer heiliggehalten. Nach 6.000 Jahren deutet sich an, es kommt etwas heraus. Die Hohenpriester sitzen gespannt rund um den Computer und dann kommt das Ergebnis – die Antwort ist 42!

Daraufhin fragen die Leute: Kann das die Antwort auf die Grundfragen sein? Der Computer antwortet daraufhin: „Das ist die Antwort, aber war die Frage richtig?“

Man sollte bei Indikatoren aufpassen, daß man nicht Antworten auf Etwas gibt, was vielleicht gar nicht gefragt ist, sondern sich sehr auf wirklich Umsetzbares, Wichtiges und Richtiges konzentrieren.

## **3 DIE FRAGE NACH NACHHALTIGER ENTWICKLUNG**

Das führt hinüber zu anderen Fragestellungen, Fragen nach dem Grund des Lebens. Wenn man sich nachhaltige Entwicklung ansieht, so hat man hier eine sehr qualitative Frage. Es ist die Frage: sind denn Zahlen und Meßwerte das richtige Medium, um nachhaltige Entwicklung zu beschreiben? Brauchen wir Indikatoren dafür, um das, was wir als nachhaltige Entwicklung verstehen, greifbar zu machen?

Auch darauf werde ich keine schlüssige Antwort geben, aber ich werde versuchen, darüber zu diskutieren.

Nachhaltige Entwicklung – was ist das? Definitionen und Beschreibungen für Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung will ich nicht referieren: Diese sind schon alt und laufen immer wieder in denselben eingefahrenen Spuren.

Ich will erklären, wie sich dieses Prinzip darstellt im Sinne von: Welche Qualität hat es?

Nachhaltige Entwicklung ist insbesondere ein ethischer Imperativ. Das, was man eigentlich beschreibt, ist Ethik. Ich weiß, daß dies eine gewagte Aussage auf einer Tagung ist, wo Indikatoren naturwissenschaftlich fixiert werden.

Die Brundtland-Report-Definition lautet: Nachhaltigkeit ist die Befriedigung der Bedürfnisse unserer Generation ohne die Bedürfnisbefriedigung zukünftiger Generationen einzuschränken. Wenn man diesen Satz analysiert, so bemerkt man, daß dies kein naturwissenschaftliches Gesetz ist! Es hindert uns naturwissenschaftlich gar nichts daran, unseren zukünftigen Generationen das Wasser abzugraben oder es zu verschmutzen und die Atmosphäre so zu machen, daß sie nicht mehr darin leben können, sondern das ist ein ethischer Imperativ!

Wir arbeiten im Bereich „nachhaltige Entwicklung“ auf einer neuen ethischen Basis, neu deshalb, weil sie aus der Sicht einer neuen Realität heraus geboren worden ist. Zwei Punkte sind hier wichtig, wenn es darum geht, festzuhalten: Was haben wir erkannt, das uns dazu führt, daß wir nachhaltige Entwicklung machen wollen?:

- Auf der einen Seite haben wir erkannt, daß der Mensch eingebunden ist, sowohl in die natürlichen Systeme, als auch in die sozialen und ökonomischen Systeme, die wir in einer globalen Wirtschaft haben. Diese Erkenntnis der Eingebundenheit ist etwas ganz anderes (eine andere Herangehensweise, ein anderes Paradigma), als wenn jeder einzelne für sich und im Konkurrenzkampf mit allen anderen und möglicherweise auch noch gegen die Natur ist. Diese Eingebundenheit ist eine der Grundlagen, warum wir zu einem neuen ethischen Imperativ kommen
- Die zweite wesentliche Erkenntnis, die dazu beiträgt, daß wir nachhaltige Entwicklung machen sollen, ist die Erkenntnis der Endlichkeit. Der Endlichkeit der Ressourcen, die Endlichkeit dessen, was wir als Dissipationsmöglichkeit haben (die Endlichkeit der Verschmutzungsmöglichkeit), sowie die Endlichkeit unserer sozialen Reichweite und unseres Lebens.

Diese beiden Erkenntnisse spielen zusammen bei der Definition eines ganz neuen Ansatzes, nämlich des Ansatzes der nachhaltigen Entwicklung, sowohl für sich, als auch in ihrer Vernetzung: die Erkenntnis der Eingebundenheit und der Endlichkeit bedeutet ja nichts anderes, als daß wir plötzlich – eingebunden in die natürlichen Systeme – diese auch beeinflussen können. Nachdem diese endlich sind, ist es nicht so, daß alles, was wir tun, wirkungslos verpufft, sondern es hat eine Wirkung.

Nachhaltige Entwicklung hat drei Dimensionen. Es geht nicht nur um die ökologische Dimension, sondern nachhaltige Entwicklung ist ein umfassenderes Konzept, das auch soziale und ökonomische Strukturen mit einschließt.

Mit diesem Konzept der nachhaltigen Entwicklung, ganz egal, wie wir es jetzt definieren – es gibt mindestens 257 Definitionen – haben wir also ganz andere Notwendigkeiten. Wir haben Notwendigkeiten, auf einer neuen ethischen Basis ganzheitliche Problemlösungen anzubieten. Wenn wir diese Problemlösungen anbieten müssen und wenn wir Entscheidungen treffen wollen, dann müssen wir uns auch überlegen, was diese Entscheidungen von uns erfordern.

## 4 DAS ERKENNEN LERNEN

Unter diesen neuen Gesichtspunkten nachhaltiger Entwicklung müssen wir für Entscheidungen Zusammenhänge erkennen, und zwar Zusammenhänge unserer Handlungen mit den Folgen in ökologischer, aber auch in ökonomischer und sozialer Hinsicht – wir müssen das Erkennen lernen.

Wir müssen auch erkennen lernen, welche langfristigen, miteinander vernetzten Trends es gibt. Keine der Entscheidungen, die wir treffen, ist nur in einer Dimension gültig. Wenn wir entdecken, daß eine bestimmte Stoffklasse das Ozon in der Stratosphäre abbaut und wir dann diese eingesetzte Stoffklasse zugunsten einer anderen Stoffklasse ändern, welche jedoch den Nachteil hat, daß sie weniger energieeffizient ist, dann tauschen wir.

Wir haben vernetzte Systeme und wir haben vernetzte Probleme, die wir handgreiflich untersuchen müssen. Dazu benötigen wir eine ganzheitliche Analysenmethodik, wobei ganzheitlich eine kompartementübergreifende, aber auch dimensionsübergreifende Analysenmethodik – bezogen auf die drei Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung – bedeutet. Es geht also nicht mehr darum, einen kleinen Aspekt herauszugreifen, sondern darum, uns umfassend zu informieren und umfassend Trends und Folgen zu erkennen.

Dazu fehlen uns die Sinne. Wir haben nicht mehr die Möglichkeit der Entscheidung, so wie wir es bisher gewohnt sind, aufgrund dessen was wir sehen und fühlen. Viele dieser Probleme und Trends erkennen wir nicht, und wenn wir sie erkennen, dann ist es möglicherweise schon zu spät. Wir haben also plötzlich die Notwendigkeit von zusätzlichen Wahrnehmungskategorien.

## 5 INDIKATOREN ALS WAHRNEHMUNGSHILFEN

Diese Art notwendiger „sechster Sinn“ bringt uns nun in die Richtung, wo wir mit den Indikatoren arbeiten müssen.

Die Basis dieser Indikatoren ist die Wissenschaft, die uns Zusatzinformationen zu diesen Entscheidungen liefern kann. Diese Zusatzinformationen kann die Wissenschaft auch noch in Modelle kleiden, die es ermöglichen, die Vernetzungen verschiedener Phänomene miteinander zu erkennen. Diese Modelle und diese neuen Erkenntnisse können über Indikatoren einer Entscheidungsfindung zugänglich gemacht werden.

Indikatoren sind also eine Art Blindenschrift. Wir haben diese Sinne zwar nicht, aber wir können uns über Indikatoren die Informationen zugänglich machen, die wir brauchen, um langfristige, nachhaltige Entscheidungen treffen zu können – das ist die Möglichkeit, die sich mit Indikatoren auftut. Indikatoren sind also unsere Wahrnehmungsprothesen in nachhaltiger Entwicklung und ich glaube, daß sie als solche ganz wesentlich sind.

## 6 DIE FRAGE NACH DER WAHRHEIT ODER WAS INDIKATOREN NICHT LEISTEN KÖNNEN

Indikatoren basieren auf der Wissenschaft und – Wissenschaft ist nicht Wahrheit. Warum ist sie nicht Wahrheit? Nicht deshalb, weil die Wissenschaftler immer lügen – hin und wieder lügen sie, aber nicht immer – sondern aus dem Vorgang der Wissenschaft selber: Wissenschaft ist nichts anderes, als aktive Auseinandersetzung mit der Mitwelt und in gewisser Weise schafft Wissenschaft Realität.

Ein kleines Beispiel: Ein Bauer im 12. Jahrhundert sieht die Sonne aufgehen. Für ihn ist vollkommen klar, daß er auf festem Boden steht und daß sich die Sonne bewegt – das ist das, was er sinnlich wahrnimmt. Wenn heute ein Mensch die Sonne aufgehen sieht, dann weiß er sich auf einer Erdkugel, die mit knapp 1.000 km/h an dieser Stelle rotiert. Diese Beschleunigung von 0 auf 1.000 Stundenkilometer hat aber nichts anderes als die Wissenschaft gemacht – es gab keine Kraft dafür, die Wissenschaft hat Realität verändert und sie verändert natürlich dauernd Realität. Dadurch, daß wir neue Dinge erkennen und dadurch, daß wir neue Dinge einsetzen aufgrund unserer wissenschaftlichen Erkenntnisse.

Wesentlich ist, daß diese Realitätsveränderung ein dauernder und fortschreitender Prozeß ist und das bedeutet jetzt plötzlich, daß die Basis unserer Indikatoren, nämlich die Wissenschaft selber, nicht mehr absolut ist.

Das bedeutet auch, daß das, was wir als Indikatoren verwenden, keine Absolutwerte sind. Wir müssen und sollen sie schon anwenden, aber in einem anderem Sinn, nämlich im Sinne von lernen.

Deshalb dürfen wir Indikatoren nicht als absolute Bewertung auffassen. Es ist nicht so wie bei einem Schirennen, daß ein Indikator sagt, wer Erster wird. Das ist nicht der Zweck eines Indikators.

Indikatoren sagen uns auch nicht die Wahrheit über Phänomene. Sie geben Hinweise, wie diese Phänomene mit anderen zusammenhängen, welche Einflüsse unsere Handlungen haben.

Und letztlich dürfen Indikatoren nicht zur wissenschaftlichen Selbstbefriedigung verkommen. Es hilft der beste Indikator nichts, wenn er nicht den Sinn und Zweck der Vorbereitung von Entscheidungen erfüllt. Für die Vorbereitung von Entscheidungen muß man das Wissen so aufbereiten, daß es auch verstanden wird, d. h. Verständlichkeit ist ein wesentlicher Hintergrund von Indikatoren.

## **7 WAS INDIKATOREN LEISTEN KÖNNEN**

Indikatoren sind ganz wesentliche Möglichkeiten, Zusammenhänge darzustellen. Sie sind Richtungspfeile – vergleichbar einer Kompaßnadel – die sagen, wo man hingehen muß, und sie sind schlußendlich, und das ist ganz wesentlich, jene Lernhilfen, die wir brauchen, um das komplexe System nachhaltiger Entwicklung zu verstehen und uns bei Entscheidungen in diesem System zurecht zu finden.

Indikatoren sind wertabhängig, auch wenn sie wissenschaftlich basiert sind – Wissenschaft ist auch nicht ganz wertfrei. Weiters kommt auch in der Anwendung und Umsetzung von Indikatoren eine Wertung dazu.

Ein Appell: Werfen Sie jedes Indikatoren-Set weg, wo die zugrundegelegte Werthaltung nicht dargelegt wird! Jeder Indikator ist dann unbrauchbar, wenn man nicht weiß, was der Indikator mißt.

Indikatoren sind veränderlich und haben nichts mit den zehn Gesetzestafeln zu tun, sie sind nicht in Stein gemeißelt. Dies soll auch so sein und ist ja bei allen Lernhilfen der Fall.

## 8 ZUM ABSCHLUSS EINIGE GEDANKEN ZUM THEMA UMWELTINDIKATOREN

- 1) Indikatoren sollen Zusammenhänge darstellen. Es geht nicht darum, irgendein Einzelphänomen zu messen, sondern darum, Zusammenhänge zwischen unseren Handlungen und den Wirkungen, aber auch zwischen verschiedenen langfristigen Trends darzustellen.

In dem Zusammenhang müssen wir aufpassen, daß wir die Einteilung in Pressure-, State- und Response-Indikatoren nicht so sehr als Kategorisierung, sondern als Auftrag verstehen. Der Auftrag liegt darin, zu erkennen, was von einem gewissen Pressure (Umweltdruck) ausgehend sich zu verändern beginnt und wie die Zusammenhänge sind. Wir brauchen keine Einzelindikatoren, die irgendwelche Meßdaten widerspiegeln, sondern solche Indikatorensätze, die uns verstehen helfen.

- 2) Eine kleine Warnung: Wer sektoral mißt, wird sektorale Antworten bekommen und er wird Entscheidungen treffen, die sektoral möglicherweise richtig sind, die aber nichts damit zu tun haben, daß sie in Richtung nachhaltiger Entwicklung gehen.

Ich warne weiters davor, jeden Umweltindikator als Nachhaltigkeitsindikator zu definieren. Nur solche Indikatoren, die uns diese Wissenvermehrung, dieses „Mehr-Verstehen“ vermitteln, sind Indikatoren, die wir für die Umwelt und in Richtung Nachhaltigkeit verwenden können. Ich glaube, daß wir auch bei den Indikatoren ganzheitliche Betrachtungsweisen brauchen und daß viele Diskussionen auf diesem Workshop dieser Frage gewidmet sein werden.

- 3) Beim Bundesheer gibt es eine Regel: „Wer alles schützt, schützt gar nichts“. Genau das sollten wir auch im Bereich nachhaltiger Entwicklung und der damit verbundenen Indikatorensysteme, die uns dort hinführen, beachten.

Nachhaltige Entwicklung ist weit weg von etwas Statischem, sie ist etwas, was sich bewegt, was sich eben entwickelt. Es ist ganz wesentlich, integrative Indikatoren zu schaffen, die uns hinführen zu ganzheitlichen Lösungsstrategien mit offensivem Charakter in Richtung einer Veränderung, in Richtung nachhaltiger Entwicklung.

Die Entwicklung von Indikatoren ist ein sehr wichtiger Teil von nachhaltiger Entwicklung. Die Umsetzung nachhaltiger Indikatoren in die politische, aber auch in die wirtschaftliche, ja in die Welt jedes Einzelnen, ist ein ganz wichtiger Vorgang auf dem Weg, den wir zur Bewußtseinsänderung in Richtung nachhaltiger Entwicklung auf allen Ebenen brauchen.

Ich glaube, daß ein Workshop wie dieser dazu angetan sein kann, wesentliche Fortschritte zu erzielen und insofern freue ich mich sehr, daß er zustande gekommen ist und danke für Ihre Aufmerksamkeit.

## **STAND UND STRATEGIE ZU UMWELT- UND NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN IN ÖSTERREICH**

**Walter Schober & Ingeborg Fiala**

*Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie*

Die Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung erfordert eine Überprüfung. Daher hat man sich gleichzeitig mit der Festlegung dieses Ziels zur Erarbeitung von verständlichen und politikrelevanten Indikatoren verpflichtet, die bei der Berichterstattung verwendet werden sollen.

Bereits 1989 wurde bei einem ökonomischen Gipfeltreffen der Regierungschefs der G 7 in Paris der Auftrag erteilt, ein „core set“ von Umweltindikatoren zu entwickeln. 1991 hat die **OECD** das erste vorläufige „core set“ von Umweltindikatoren veröffentlicht, 1994 und 1998 Überarbeitungen. Die OECD verwendet zur Beschreibung der Entwicklung den von ihr erarbeiteten Pressure-State-Response-Ansatz. Menschliche Aktivitäten verursachen „pressures“ auf die Umwelt (Belastungen) und verändern damit Qualität und Quantität der natürlichen Ressourcen („state“ – Zustand), worauf die Gesellschaft mit umweltpolitischen und ökonomischen Aktionen reagiert („response“ – Re-Aktionen).

Bei der **UN**-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) vom Juni 1992 wurde in Kapitel 40 der Agenda 21 festgehalten, daß **Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung** zu erarbeiten sind, die in nationale Statistiken wie zum Beispiel über die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft einbezogen werden können. 1996 wurde eine Arbeitsliste von Indikatoren präsentiert, die zu jedem Kapitel der Agenda 21 – also neben umweltpolitischen Problembereichen auch zu sozialen, ökonomischen und institutionellen Problemen – Indikatoren zur Beschreibung der Belastungen, des Zustands und der Reaktionen enthält. Da diese Indikatoren insbesondere die Aufgabe erfüllen sollen, die nationalen Berichte zur Überprüfung der nachhaltigen Entwicklung substantieller zu gestalten, sollen einzelne Staaten das vorläufige Indikatorensystem freiwillig testen. Auch Österreich nimmt am Testen teil und ist derzeit dabei, den zweiten Testbericht zu erstellen.

Auf Ebene der **Europäischen Union** ist insbesondere im 5. Umweltaktionsprogramm [KOM (92) 32] die Erstellung von Umweltindikatoren, Leistungsindikatoren für alle relevanten Politikbereiche und Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung als Zielsetzung genannt. Zur Ausführung hat die Europäische Kommission „Leitlinien der EU über Umweltindikatoren und ‘ein grünes Rechnungssystem’“ [KOM (94) 670 endg.] veröffentlicht. Unter diesem Programm hat EUROSTAT ein Pressure-Indizes-Projekt durchgeführt, mit dem Belastungsindikatoren für die wichtigsten Umweltproblembereiche und Verursachergruppen erstellt wurden. Die Erarbeitung von Zustands- und Reaktionsindikatoren sollte die Europäische Umweltagentur übernehmen. Diese hat zur Erstellung ihrer Berichte über den Umweltzustand in Europa mehrmals Indikatoren verwendet.

Ein Problem aus österreichischer Sicht war die mangelnde **Harmonisierung** der von den verschiedenen Institutionen erarbeiteten Indikatoren. Es ist unbestritten, daß Indikatoren der Fragestellung, der sie dienen sollen, angepaßt sein müssen. Jedoch sollte man schon aus Gründen der Arbeitsökonomie versuchen, die Übereinstimmungen möglichst groß zu halten. Zum Beispiel stellt jedes Rahmenwerk eine Übereinkunft der Herangehensweise dar, weshalb es aus österreichischer Sicht sinnvoll erschiene, sich auf einen Ansatz, zum Beispiel, den PSR-Ansatz zu einigen. Die Harmonisierungsbestrebungen wurden auf Ebene der EU bei einem Workshop in Wien im Jänner 1998 ausgedrückt. Es wurde gemeinsam festgestellt, daß Indikatoren nur in Gesprächen zwischen Anwendern und Experten zu erarbeiten sind, und daß sie ein dynamisch weiterzuentwickelndes Werkzeug für die Politik und die Kommunikation mit der Bevölkerung sind. In bestimmten Bereichen, wie Natur und Landschaft oder Energie wurde Forschungsbedarf festgestellt.

In **Österreich** gibt es verschiedene Arbeiten zu Indikatoren im weiteren Sinn, die hier nicht alle aufgeführt werden können.

Besonders erwähnenswert ist ein Set von Umweltindikatoren, das vom ÖSTAT zur überblicksmäßigen Beschreibung der Umweltsituation erstellt wurde und einer laufenden Weiterentwicklung unterzogen wird.

Als Vorbereitung für den Workshop in Wien haben wir versucht, zu verschiedenen Indikatorensystemen der internationalen Organisationen (OECD, EUROSTAT, EEA) eine österreichische Position zu erarbeiten. Der Liste der nach Umweltproblemen geordneten Indikatoren wurden Fragen gegenüber gestellt, die gute Indikatoren erfüllen müßten. Diese Umfrage unter Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachrichtungen aus Österreich sollte einerseits die als Indikatoren geeigneten Größen herausarbeiten und andererseits auch geeignete Fragen zur Auswahl von Indikatoren abtesten. Die Ergebnisse einschließlich der statistischen Auswertungen und der Vorschläge für zusätzliche Indikatoren sind in Band 30/1998 der Schriftenreihe des BMUJF veröffentlicht.

## AUSWERTUNG ZUR FRAGEBOGENERHEBUNG DES BMUJF ZUR IDENTIFIZIERUNG EINES KERNSETS VON UMWELTINDIKATOREN

**Andreas Windsperger**  
Institut für Industrielle Ökologie

Die Langfassung dieses Vortrags ist als Band Nr. 30/1998 in der Schriftenreihe des BMUJF erschienen und beim Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie erhältlich.

**Z**usammenstellung eines  
**I**ndikatorensets, mit dessen Hilfe sich nach  
**E**xpertenmeinung Aussagen über Umweltauswirkungen treffen  
**L**assen

### 1 AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS HINSICHTLICH DER EINZELNEN FRAGEN

Ermittelt wurde die Verteilung der verschiedenen, möglichen Antworttypen.

Verteilungs- typ	Verteilung der Antworten	Aussage	Abbildung der Verteilung
a	0 0 0 7	eindeutige Zustimmung	
b	7 0 0 0	eindeutige Ablehnung	
c	0 3 4 0	unentschlossen – weder positiv noch negativ	
d	3 0 0 4	Ausgeglichen – positive und negative heben sich auf	
e	2 2 1 2	Unspezifisch – gleich viel Zustimmung, Ablehnung und Unentschlossenheit	

**Ergebnis:** Hoher Anteil des Antworttyps **e** → Interpretationsmöglichkeiten:

- Unschärfe durch 4 Antwortmöglichkeiten
- Hoher Anteil an eindeutiger Zustimmung und Ablehnung.

## 2 AUSWERTUNG DER FRAGEBÖGEN NACH EINZELNEN INDIKATOREN:

z. B.: Climate Change: Die Auswertung erfolgte nach

- Aussagekraft und
- Machbarkeit (= Datenlage, technische Möglichkeiten)

jeweils für die Gruppen: **Pressure** – Indikatoren, **State** – Indikatoren, **Response** – Indikatoren.

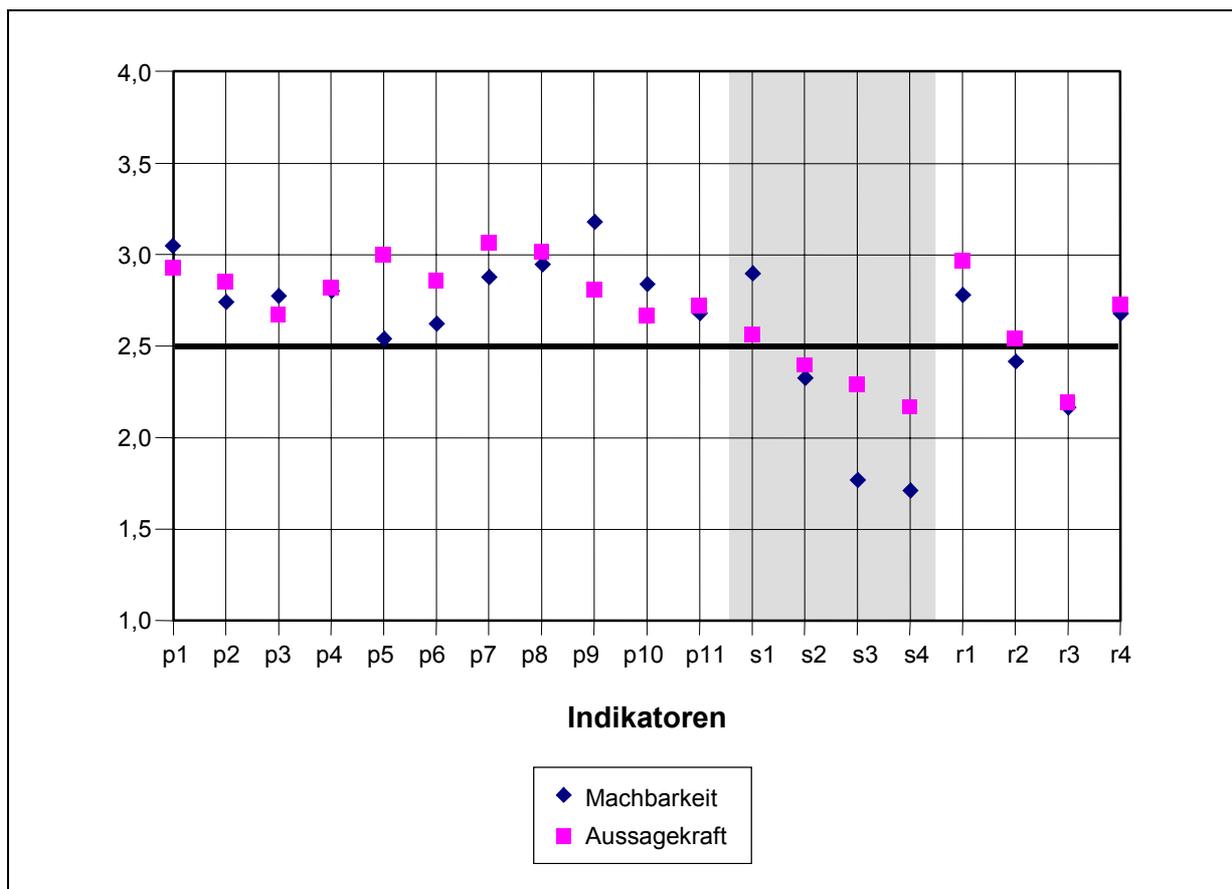


Abb. 1: Indikatorenset Climate Change

## **DATENGRUNDLAGEN FÜR UMWELTINDIKATOREN IN ÖSTERREICH – VORSTELLUNG DER BISHERIGEN ARBEITEN**

**Susanne Gerhold**

*Österreichisches Statistisches Zentralamt*

Bevor ich auf die konkreten Arbeiten des ÖSTAT an Umweltindikatoren eingehe, möchte ich ein paar Worte zur Vorgeschichte und dem Grund für diese Initiativen sagen.

Zunächst war da eine vermehrt aufkommende Kritik an der Aussagekraft des Brutto-Inlandsprodukts (BIP), da verschiedene Aspekte, wie etwa die Umweltbeeinträchtigungen, darin nicht abgebildet werden können und Umweltschäden, die wiedergutmacht werden, das BIP sogar erhöhen, also eigentlich eine positive Botschaft vermitteln. Der naheliegende Gedanke war, das BIP entsprechend zu „bereinigen“, bzw. ein „grünes BIP“ zu berechnen.

Man ist dann aus verschiedenen Gründen, methodischen und auch praktischen – schließlich ist das BIP ein traditionell anerkannter Maßstab für wirtschaftliche Leistung – davon abgekommen und hat begonnen, das System der Ökologischen Gesamtrechnung aufzustellen. Das ist ein umfassendes Konzept zur Darstellung von Zusammenhängen zwischen wirtschaftlichen Auswirkungen und der Umwelt. Es umfaßt eine Reihe von sogenannten Satelliten-Konten, also von zwar außerhalb der VGR angesiedelten, aber mit ihr verknüpfbaren Systemen z. B. für Umweltschutzausgaben, Ökoindustrien und Naturvermögensrechnungen sowie auch Umweltindikatorensysteme.

Eine Reihe von internationalen Organisationen haben schon seit Jahren Indikatorenansätze verfolgt. Zu erwähnen sind z. B. die von der OECD entwickelten Indikatoren nach dem Pressure – State – Response Ansatz, sowie die von den Vereinten Nationen in Ausarbeitung befindlichen Nachhaltigkeitsindikatoren, die neben ökologischen auch wirtschaftliche und soziale Aspekte einbeziehen sowie das Belastungsindikatoren-Projekt von EUROSTAT. Als wichtigstes internationales Dokument, das diese Marschroute für künftige Arbeiten beschreibt, möchte ich die 1994 ergangene Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften an den Rat und das Europäische Parlament „Leitlinien der EU über Umweltindikatoren und ein grünes Rechnungswesen“ nennen.

Das ÖSTAT ist mit der Aufstellung der ökologischen Gesamtrechnung betraut und hat somit solche Aufgabenstellungen in sein Arbeitsprogramm aufgenommen. So sind vor etwa 5 Jahren die ersten Überlegungen getroffen worden, in einem pragmatischen Ansatz aus den vorhandenen Daten Umweltindikatoren aufzustellen.

Wir haben dann Fachleute eingeladen – Experten aus dem Kreis des Fachbeirates für Umweltstatistik – und ihnen einen Vorschlag präsentiert, der sich zum Teil an bereits vorhandenen Arbeiten der OECD orientieren konnte, zum Teil aber ganz speziell für Österreich adaptiert wurde. Wir haben den P-S-R-Ansatz der OECD gewählt, weil wir nicht nur die Belastungsseite darstellen wollten, sondern auch den Zustand der Umwelt und die entsprechenden Reaktionen der Gesellschaft auf Umweltprobleme. Diesem Vorschlag ist zugestimmt worden und wir haben im Jahr 1994 das erste Mal Umweltindikatoren präsentiert.

Das ÖSTAT ist im Besitz eines riesigen Datenfundus und ich möchte anhand des schon einmal zitierten „Eisberg-Schemas“ zeigen, wo solche Indikatoren angesiedelt sind.

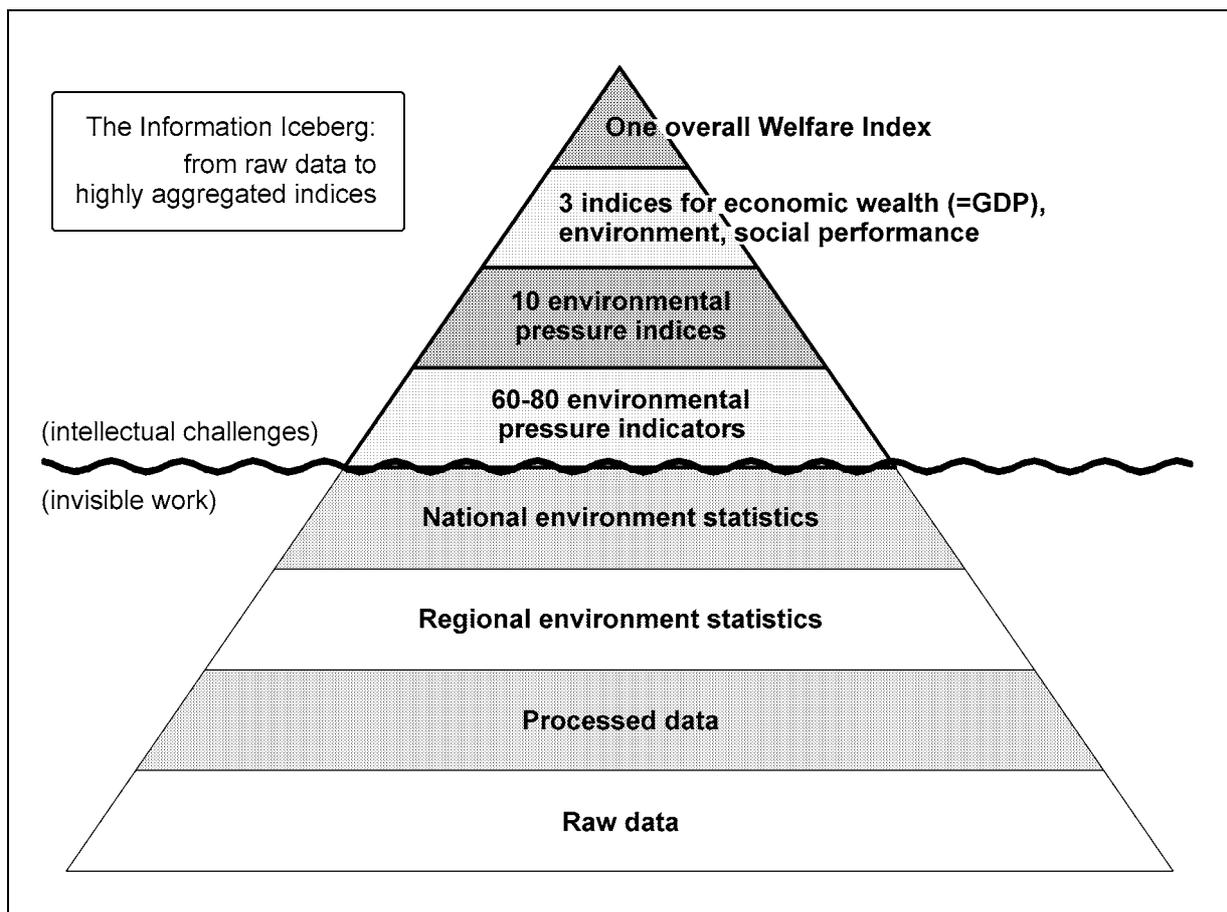


Abb.1: Das Eisberg-Schema.

Bei dem Eisberg-Modell befindet sich an der breiten Basis der Pyramide der gesamte Fundus aller Basisdaten. Ab einem bestimmten Aggregationsniveau kommt man dann zu Faustzahlen und Indikatoren, die Informationen zu einem bestimmten Problem geben. Weiter oben könnte man dann, nach den Vorstellungen von EUROSTAT, die gesamten Indikatoren je Problembereich zusammengewichten und vielleicht irgendwann auch die **eine** Zahl finden, die vergleichsweise zum Bruttoinlandsprodukt den „Overall Welfare-Index“ ergibt.

Ich persönlich halte vom „Zusammengewichten“ nicht soviel, weil ich glaube, daß ein Informationsverlust damit einher geht. Ich glaube, man sollte nahe an den Basisdaten bleiben, aber doch auf einem aggregierten Niveau und sich nicht in Details verlieren.

Es ist nicht umsonst eine Wellenlinie im Eisberg-Modell zwischen Basisdaten und Indikatoren, weil diese Schnittstelle nicht so eindeutig ist.

Wir haben bei unserem Ansatz die Definition der zehn Umweltproblembereiche von EUROSTAT verwendet, für Österreich fällt nur der Bereich „Meer- und Küstengebiete“ weg. Die Problembereiche sind sehr „publikumsnah“ formuliert, so daß sich ein Journalist oder ein Durchschnittsbürger darunter etwas vorstellen kann. Dies war auch eine unserer Prämissen, daß die Arbeiten verständlich für Politiker und die Allgemeinheit sind, möglichst greifbar und nicht zu sehr abgehoben.

Bei unseren Arbeiten stand die Orientierung an den vorhandenen Daten und somit an der Machbarkeit von Umweltindikatoren im Vordergrund. Wir orientierten uns nicht so sehr an Konzepten von Wissenschaftlern, obwohl diese durchaus beachtet wurden, sondern viel mehr am Vorhandensein von Daten, um auch nicht soviel Zeit vergehen zu lassen, bis ein solches Set an Umweltindikatoren aufgebaut ist.

- Wir haben also in erster Linie den großen Fundus an **vorhandenen** Daten in unserem Haus, aber natürlich auch im Umweltbundesamt, im BMUJF, im BMLF usw. genutzt, um die ausgewählten Umweltproblembereiche sowohl von der Belastungsseite, als auch vom Zustand und von der entsprechenden Reaktion der Gesellschaft her abbilden zu können.
- Weiters sollten die Indikatoren möglichst **verständlich** und nicht zu sehr abgehoben sein, so daß nur mehr Experten sie verstehen können.
- Unsere dritte Prämisse war die Beschränkung auf **wenige** Indikatoren. Ich glaube, daß ein Indikatorensystem, das auch ankommen soll, nicht ausufern sollte.
- Weiters war uns wichtig, daß es **Zeitreihen** zu den Indikatoren gibt, um die Entwicklung vor allem bei den Pressure- und den State-Indikatoren ablesen zu können. Es nützt nichts, wenn eine noch so profunde Studie über ein Jahr sehr viele Informationen zu einem Umweltproblem gibt, aber die Vergleichbarkeit im Laufe der Zeit nicht gegeben ist. Wir haben grundsätzlich mit 1970 begonnen und haben jetzt Daten bis 1997 und 1998. Natürlich gibt es blanke Felder, aber die Vergleichbarkeit im Verlauf der Zeit war für uns ein ganz wichtiges Kriterium.

## 1 ERFAHRUNGEN IN DER ARBEIT ZU UMWELTINDIKATOREN

Es fehlen sehr viele Daten, insbesondere zu jenen Umweltproblembereichen, die relativ neu, also im gesellschaftlichen Bewußtsein noch nicht sehr lange vorhanden sind. Dies trifft vor allem auf den Problembereich „Ressourcenausbeutung“ zu.

Es ist ein Bereich, der erst mit dem Auftauchen des Begriffs „Sustainable Development“ thematisiert wurde und daher erst relativ spät auch statistisch abzubilden begonnen wurde.

Hingegen haben wir sehr viele und gute Informationen etwa bei den Problembereichen Wasser- und Luftverschmutzung gefunden. Das ist ein Thema, das im gesellschaftlichen Bewußtsein schon eine lange Tradition hat und daher auch datenmäßig gut belegt werden kann.

Es gab aber auch Probleme mit **zu vielen** Daten, wie etwa zum Thema Ozonbelastung: Da gibt es einige Dutzend Immissionsstellen, bei denen Halbstundenmessungen durchgeführt werden. Hier war es schwer, aus dieser Fülle von Informationen einen Indikator zu bilden. In diesem Fall haben wir z. B. die Zahl der Überschreitungen des Ozongrenzwertes in den einzelnen Jahren herangezogen.

Sehr oft konnten wir die wirklichen „Pressures“ datenmäßig nicht zeigen, wohl aber das dahinterstehende Phänomen. Wir haben also Hintergrundinformationen – „Second-best-Informationen“ – genommen, wo uns der wahre Indikator bzw. die wirklich repräsentativen Daten für einen Indikator gefehlt haben. Zum Beispiel ist das Verkehrsaufkommen eine Hintergrundinformation für viele Umweltbelastungen, so etwa für Emissionen, für Lärm, Klimabelastungen usw. Aber es gibt alleine noch nicht die volle Information. In einer zukünftigen Welt, könnte es theoretisch möglich sein, daß nur mehr Elektroautos unterwegs sind, dann würden keine Emissionen auftreten. Zum heutigen Zeitpunkt aber kann man davon ausgehen, daß mit einem erhöhtem Verkehrsaufkommen auch bestimmte Emissionen einhergehen. Das heißt, wir haben sehr oft Second-Best-Hintergrundinformationen verwendet, weil uns die wirklichen Informationen, die das Phänomen der Pressures abgebildet hätten, gefehlt haben.

Ich möchte nun ein praktisches Beispiel für die Darstellung eines Bereichs in unserem Indikatorenset zeigen und wähle dafür den Problembereich „Ressourcenausbeutung“ aus. Dies aus zwei Gründen: Erstens, weil es ein so problematisches Umweltproblem ist und zweitens, weil wir hier Informationen aus einer neuen Arbeit verwenden konnten, die vom IFF entwickelt wurde und im ÖSTAT fortgeführt wird, nämlich die Materialflußrechnung. Da geht es

um den gesellschaftlichen Durchsatz von Material und es werden Hauptströme, wie mineralische Produkte, Biomasse, Wasser usw. quantitativ dargestellt. Sie werden der Natur entnommen, in verschiedenen wirtschaftlichen Aktivitäten umgesetzt und verlassen das ökonomische System wieder als Abfall oder Emissionen.

Sie sehen in Tab. 1 eine Darstellung des Indikatorensets zum Thema „Ressourcenausbeutung“. Es gibt zu diesem Bereich keine State-Indikatoren, wir haben dazu einfach keine geeigneten Daten gefunden, die den Zustand beschreiben würden, sondern nur eine Menge „Pressures“ und „Responses“. Sie sehen einige dieser Materialströme abgebildet: Entnahme nicht erneuerbarer Materialien, Aneignung von Biomasse, Wasser. Aus Gründen der Darstellungsmöglichkeit ist diese Zeitreihe in 10-Jahresabständen verkürzt dargestellt. Ergänzend zu diesen Tabellen nun die graphische Darstellung.

Tab. 1: Indikatoren für den Problembereich „Ressourcenausbeutung“.

Indikatoren Belastung	1970	1980	1990	1996	1997
Wasserverbrauch Industrie u. Großgewerbe, Mio. m <sup>3</sup>	–	1.626	1.509	–	–
<i>Index, 1976=100</i>	–	98,3	91,2	–	–
Wasserverbrauch insgesamt, Mio. m <sup>3</sup>	3.090	3.410	3.661	3.434	–
<i>Index, 1976=100</i>	–	91,2	98,0	91,9	–
Förderung mineralischer Rohstoffe, 1.000 t	14.645	14.168	12.017	50.814	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	96,7	82,1	347,0	–
Fossile Energieträger, Bruttoverbrauch, PJ	–	692,2	706,6	790,3	755,0
<i>Index, 1976=100.</i>	103,9	106,1	118,6	113,3	–
Forstliche Eingriffe, 1.00 fm	11.123	12.733	15.711	15.010	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	114,5	141,2	134,9	–
Entnahme nicht erneuerbarer Materialien, 1.000 t	17.738	16.026	12.456	10.924	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	90,3	70,2	61,6	–
Materialentnahme aus Land- u. Forstwirtschaft, 1.000 t	33.041	39.160	43.457	40.634	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	112,1	108,2	108,7	–
Aneignung Biomasse, Land- u. Forstwirtschaft, PJ	415,5	486,4	534,1	–	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	117,1	128,5	–	–
Entnahme von Luft, Mio. t	248	301	327	–	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	121,4	131,9	–	–
Fichtenantei/Wald, % Werte für 1986-90 bzw. 1992-96	–	–	62,2	55,7	–
Genutztes Grundwasser/insgesamt, %	–	–	38 (Min.)	66 (Max.)	–

#### Indikatoren Zustand: keine vorhanden

Indikatoren Maßnahmen	1970	1980	1990	1996	1997
Gesammeltes Altmetall, t	–	–	7.594	53.528	52.460
<i>Index, 1990=100</i>	–	–	100,0	704,9	690,8
Neuaufforstung, ha	5.559	3.178	2.517	1.102	–
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	57,2	45,3	19,8	–

Indikatoren Maßnahmen	1970	1980	1990	1996	1997
Trinkwasserpreis, S/m <sup>3</sup>	–	–	9,80	12,90	–
<i>Index, 1987=100</i>	–	–	120,2	158,1	–
<i>Real</i>	–	–	111,3	122,6	–
Abwassergebühr, S	–	–	–	2.440	2.634
<i>Index, 1992=100</i>	–	–	–	150,3	162,2
<i>Real</i>	–	–	–	135,2	188,5
Steuern auf Energie, Mio. S	6.000	13.923	19.618	33.500	34.629
<i>Index, 1970=100</i>	100,0	232,1	327,0	558,3	577,2
Anteil an Verbrauchsteuer, %	13,6	12,1	9,1	12,5	12,4
Förderung erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung				□	
Abgabe auf Lieferung und Verbrauch von Erdgas				□	

In Abb. 2 ist der Wasserverbrauch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt dargestellt. Es handelt sich um eine Relativzahl, die den Wasserverbrauch zum Wirtschaftswachstum in Beziehung setzt. In der Zeitreihe ist eine deutliche Abnahme, also eine Entkoppelung vom Wirtschaftswachstum abzulesen. Ich glaube, daß das ein guter Indikator zum Thema Ressourcenverbrauch ist.

Ähnliches gilt für die Aneignung von Biomasse, welche in Abb. 3 dargestellt ist.

Wenn man sich hingegen die Entnahme an nicht erneuerbaren Materialien in Abb. 4 ansieht, so entsteht der Eindruck, als würde hier ein großer Anstieg bei der Materialentnahme passiert sein. In Wirklichkeit ist das Berggesetz novelliert worden und die darin enthaltenen Stoffe sind anders definiert. Das gehört leider auch zu den Problemen eines Statistikers, daß man es immer wieder mit nicht vergleichbaren Zahlen zu tun hat und Adaptierungen vorgenommen werden müssen.

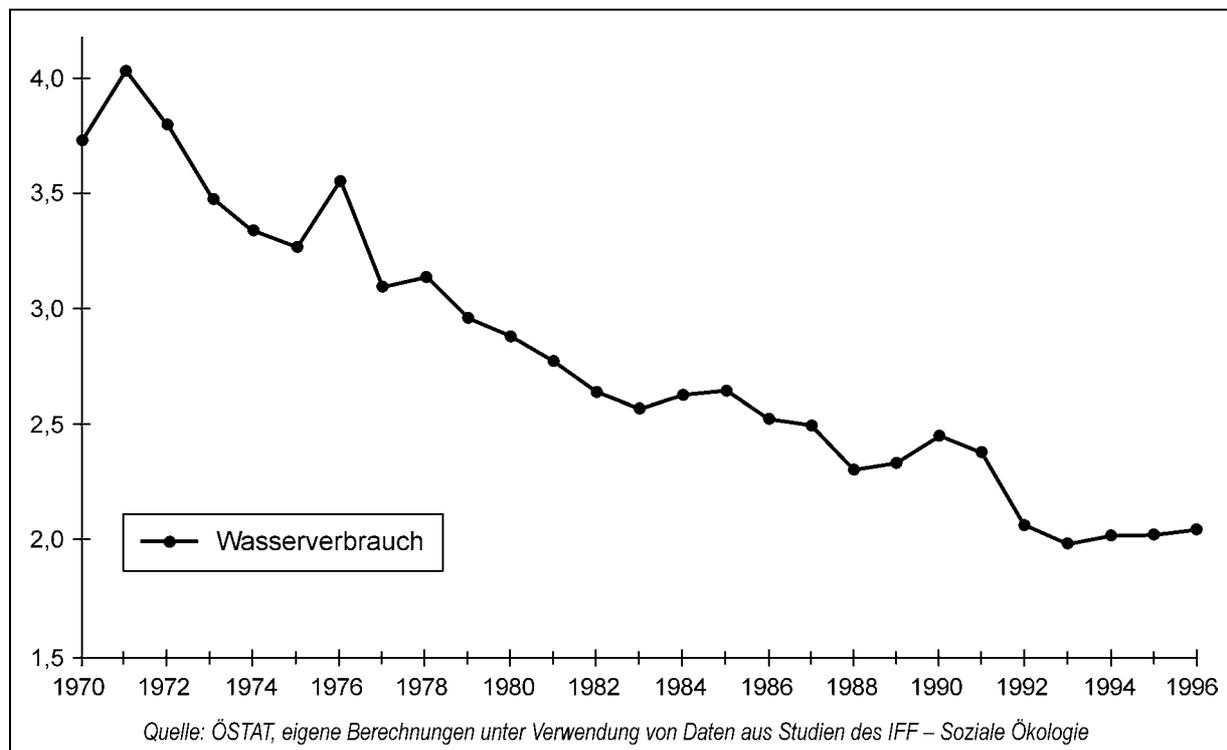


Abb. 2: Materialintensität in 1.000 m<sup>3</sup> Wasserverbrauch pro BIP in Mio S.

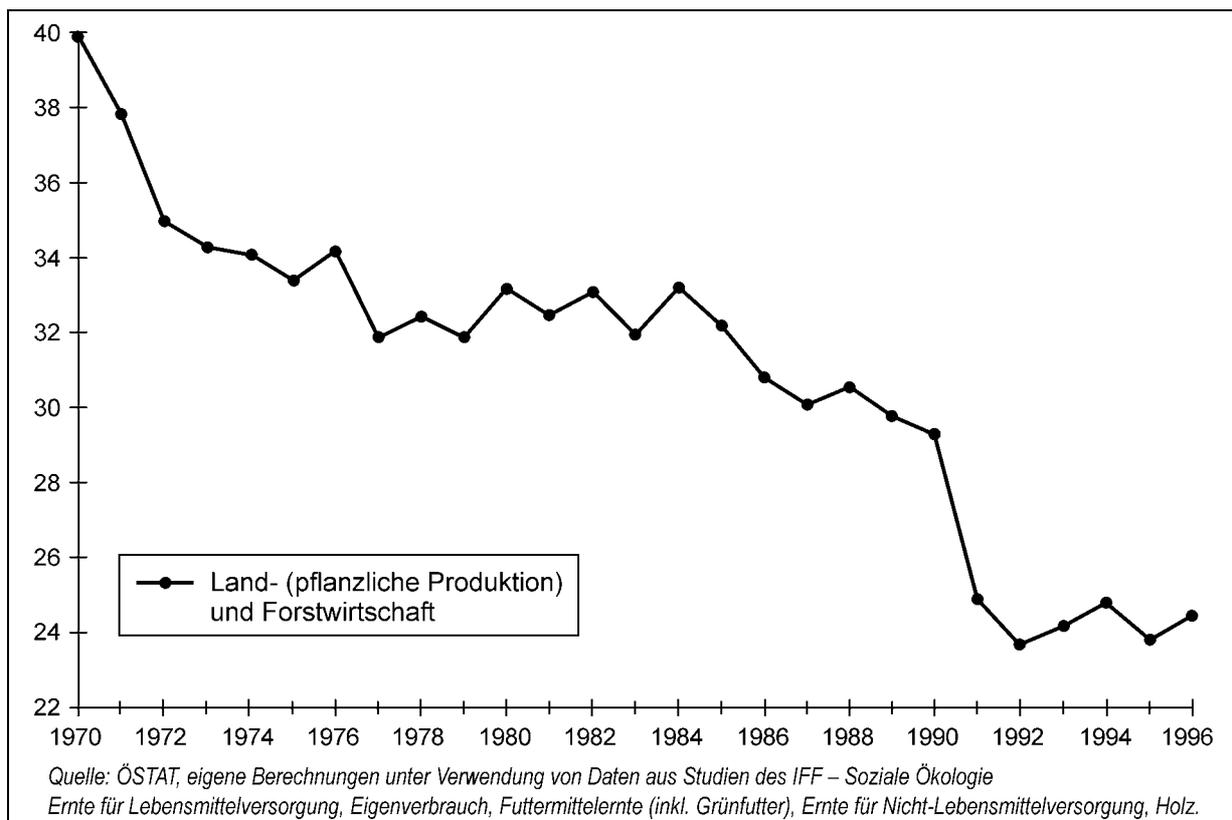


Abb. 3: Materialintensität in Tonnen Materialentnahme durch die Land- u. Forstwirtschaft pro BIP in Mio S.

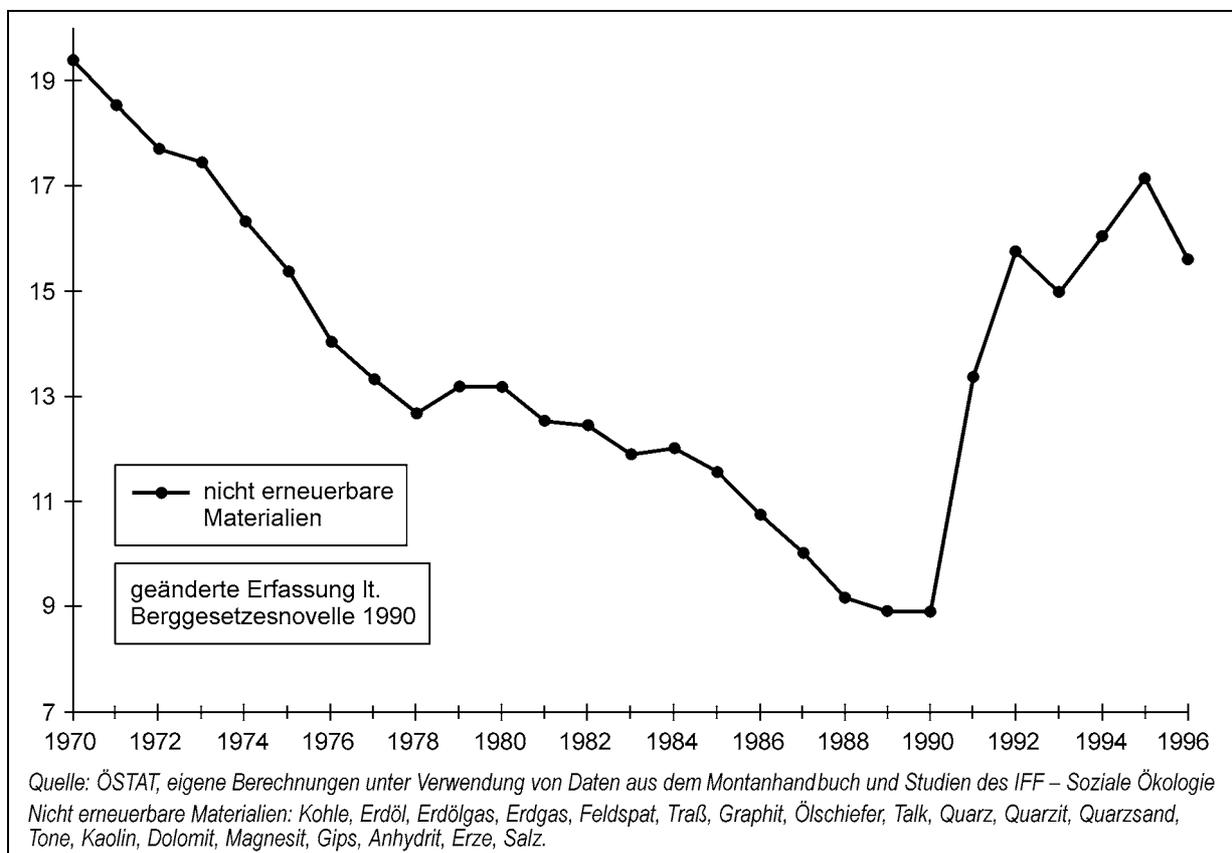


Abb. 4: Materialintensität in Tonnen Entnahme an nicht erneuerbaren Materialien pro BIP in Mio S.

## 2 ERGEBNISSE AUS DEN ARBEITEN ZU UMWELTINDIKATOREN

Auf jeden Fall liefern Umweltindikatoren zu wenig Information, wenn man es **genau** wissen will. Ich glaube aber auch, daß Indikatoren diese Aufgabe gar nicht erfüllen sollen und können. Wenn sich ein Umweltpolitiker ein spezielles Problem ansehen will, dann werden die Indikatoren immer zu wenig Information liefern. Selbst bei zwanzig Meßstellen mit dazugehörigen Durchschnittswerten wird man die einundzwanzigste brauchen.

Ich glaube daher, daß es nie die Zielsetzung eines Umweltindikatorensystems sein kann, bestimmte Einzelfragen zu beantworten, sondern immer nur einen groben Überblick zu geben. Wir haben aus Datengründen keine lückenlose Abdeckung der Ursachen durch Indikatoren. Wir haben auch oft nicht konsistente Reihen. Aber ich glaube, die Indikatoren waren im Stande, einen groben Überblick zu den ausgewählten Umweltproblembereichen zu geben:

- Wie haben sich die „Pressures“ im Langzeitvergleich verändert?
- Wie hat die Umwelt, der Umweltzustand darauf reagiert?
- Wie haben die umweltpolitischen Maßnahmen gegriffen?

Man kann in manchen Bereichen sehr gut nachvollziehen, daß sich bestimmte Verbotsgesetze, wie z. B. für Asbest und Blei, in einer rückläufigen Verwendung und auch Produktion dieser Stoffe niedergeschlagen haben.

Zum Schluß eine kritische Anmerkung, die meine persönliche Meinung wiedergibt: Man sollte Indikatorensysteme nicht überfrachten, da sonst die Gefahr der Unüberschaubarkeit gegeben ist. Indikatorensysteme sollten immer „Faustzahlen“ sein und nicht umsonst haben wir in unseren beiden Fäusten nur 10 Finger. Für konkrete Fragestellungen wird das Indikatorensystem immer überfordert sein. Um konkret auf einzelne Fragen Antworten zu bekommen, muß man auf die Umweltdaten im unteren Bereich des „Eisberges“ zurückgreifen.

Hiezu eine Parallele aus der Vergangenheit: Vor vielleicht 30 Jahren gab es die Diskussion rund um die Sozialindikatoren, da waren die Überlegungen ganz ähnlich. Man hat versucht Indikatoren zur Armut, zur Beschäftigung, zur Gesundheit usw. zusammenzustellen, auch an eine Gewichtung hat man gedacht. Schließlich ist die Sozialberichterstattung bzw. sind die Sozialdaten daraus geworden, aber es gibt daneben wohl einige wenige handfeste Faustzahlen, wie etwa die Arbeitslosenrate.

Ich glaube, daß es ein falscher Anspruch an ein Indikatorensystem ist, alles zu zeigen und allem zu genügen. Es kann nur einen Überblick geben.

Wie sich die „Indikatorenfront“ weiterentwickeln wird, kann man aus den bisherigen und den folgenden Vorträgen sehen. Vielleicht wird sich das ÖSTAT aus der Arbeit an Umweltindikatoren etwas zurückziehen und nur mehr mit seinen Erfahrungen und seinem Datenfundus zur Verfügung stehen.

Aber ich glaube, wir konnten durch unsere praktische Arbeit zeigen, wie viel an brauchbaren Informationen bereits jetzt für die Erstellung von Umweltindikatoren vorhanden sind.

Vielen Dank.

# **DIE UMWELTINDIKATOREN-DISKUSSION IN DER EUROPÄISCHEN UMWELTAGENTUR**

**Peter Bosch**

*Europäische Umweltagentur (European Environment Agency, EEA)*

## **1 INTRODUCING THE EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY**

The European Environment Agency (EEA) is an institution of the European Communities; it was founded by a regulation (Council regulation EEC/12120/90), and it started its activities about five years ago. In the regulation there is the sentence saying what the Agency should do: "to provide objective, reliable and comparable information on the Environment in Europe". Europe in this sentence is not only the European Union; the EEA has a membership of the fifteen European Union countries, but also Norway, Island, Liechtenstein are members of the EEA. In addition, a very close co-operation with Central European countries financed under the PHARE programme of the European Union, exists. And now, the EEA is looking even further east, improving contacts with the New Independent States.

The EEA office in Copenhagen houses only 60 people, but the EEA profits from work of many institutions in all European countries, including Austria. Simultaneous with the foundation of the EEA, also an EIONET (a European Environmental Information and Observation Network) was created, which is a huge network of 500 institutions in Europe to help the EEA with bringing together, harmonising, and reporting on environmental data and information in Europe.

The Agency works with all these institutions to serve policy makers all over Europe. Our clients are first of all the European Commission, the European Parliament, the Council, and member states, but the regulation also mentions the general public. EEA reports and databases are increasingly made available to everyone in Europe via the Internet.

See <http://www.eea.eu.int>.

One of the most important outputs are comprehensive reports on the current and future state of the environment in Europe. At the June '98 paneuropean conference of Environment Ministers the EEA presented a report called "*Europe's Environment – The Second Assessment*" which brings together data from the whole of Europe. We are now working on our next report, with the working title "EU 98-report" which will be the input in the Commission's final review of the fifth Environmental Action Programme.

## **2 THE INDICATOR DISCUSSION AT THE EEA**

Three lines of development can be discerned in indicator development at the European Environment Agency. The most important is currently the development of the EEA yearly **Indicator based report**. But at the same time we have the so called „**post-Cardiff-process**” – the development of sectoral indicator mechanisms in the EU. Finally there is the ongoing development of indicators within the **European Topic Centres**. (European Topic Centres are the bodies in the EIONET that have the task to make environmental data comparable and to gather these on the European scale. There are Topic Centres for air emissions, air quality, inland waters, marine and coastal environment, nature, soil, and waste.)

The last point will not be elaborated here: various developments are taking place in the European Topic Centres mainly focusing on the question how to present sensible information on the European level, how to make a picture of environmental quality in Europe in a few indicators that still convey a powerful message.

The **EEA yearly indicator report** fits into a model of regular reporting for policy making with two steps in different frequencies. Once every three to five years a comprehensive report on the state of the environment is produced, including an outlook into the future. This report is intended for for strategic policy making. For example, the EEA is now working on an outlook report (“EU98”) that will be the input into the “global assessment of the fifth Environmental Action Programme” by the European Commission. This assessment will be a final report on the results of the fifth Environmental Action Programme, and will include the lines of a future programme. Our reports aim to bring together all the information necessary for policy makers to make the steps towards the next policy plan.

But apart from these comprehensive studies, there is a need to follow what’s actually happening in the field and to follow if all policy plans do make a difference for the environment. This will be the role of the yearly indicator report.

The EEA yearly indicator report is part of the larger development of sustainability indicators. It will concentrate on the environment and the relations with the economy and to a lesser extent with the social developments (see fig.1).

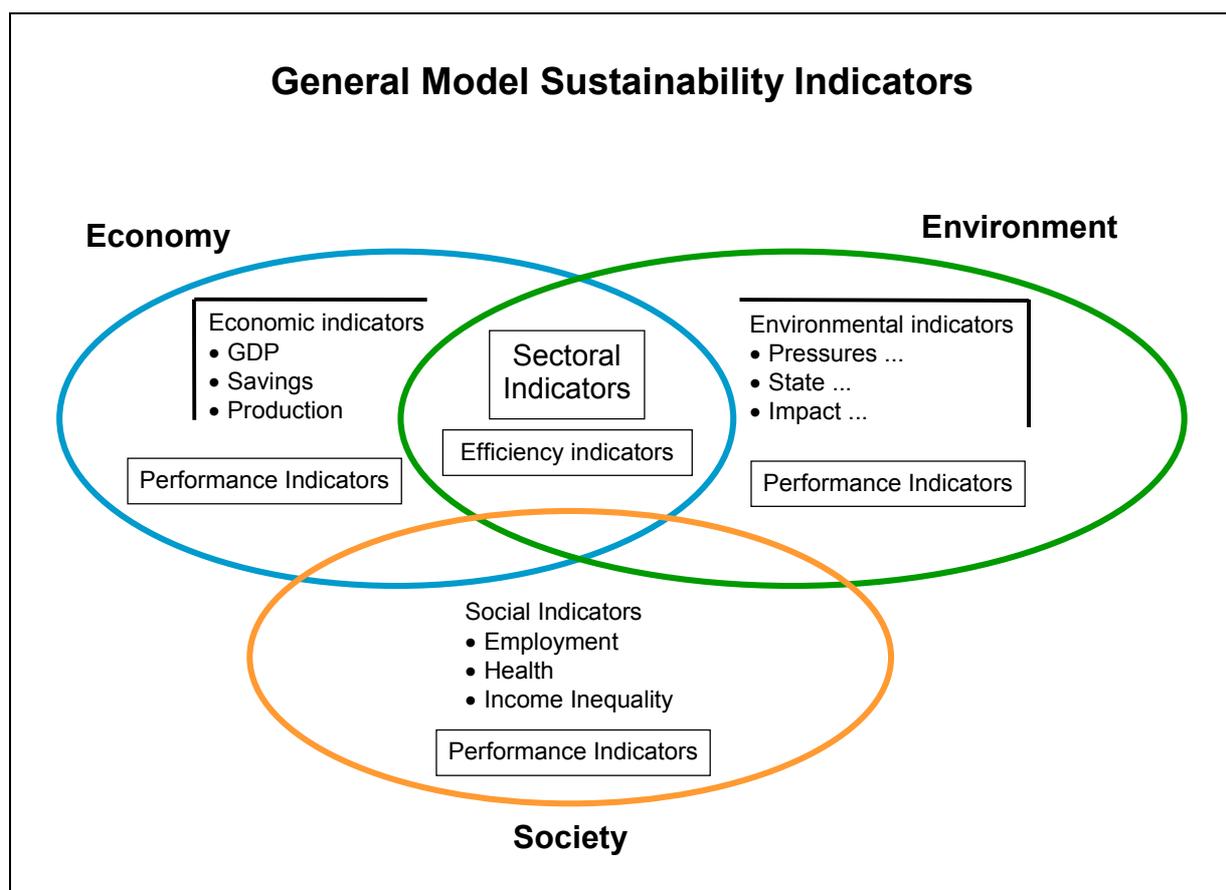


Fig. 1: General Model for sustainability indicators.

The diagram in fig. 1 also includes a typology of indicators:

Indicators on pressures, states and impacts, answering the question “how are pressures or how is the quality of the environment developing”, which we call *Descriptive indicators*.

The second category answers the question “and is that relevant?” *Performance indicators* are the same variables as descriptive indicators but connected with target values. ‘The number of days in which ozone levels are exceeding WHO standards’ is clearly an example of a performance indicator.

The third category, which can be found in between the environment and the economy circle are *Efficiency indicators*. These answer the question “have we become more efficient in our economic processes?”.

Classifying the types of indicators helps in identifying the questions on which policy makers need an answer, and helps in getting a balance in indicator sets.

The relation with the wider area of sustainability indicators, the typology of indicators are elements that are used by the EEA to design and structure the yearly indicator report. Another important element is the analytical framework, used to structure the indicators and to base the assessment on. The EEA uses a slightly extended model of the well known OECD-model, which is called the **Driving forces – Pressures – State – Impact – Responses (DPSIR)** framework.

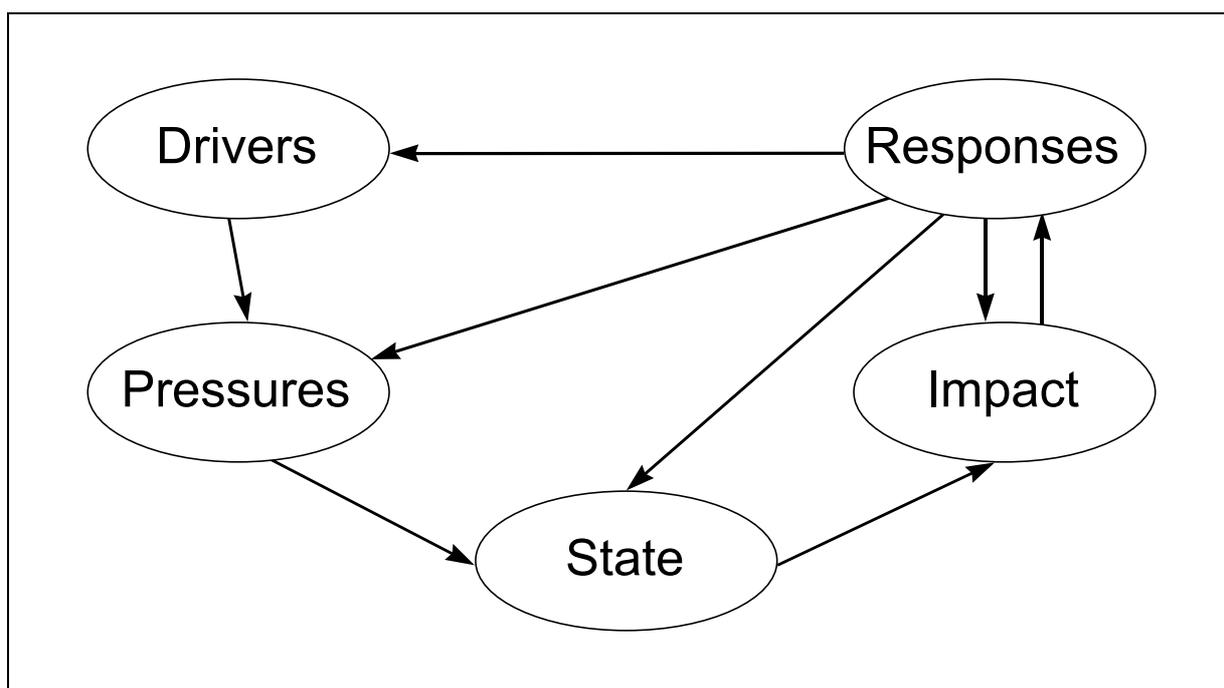


Fig. 2: The DPSIR Framework for Reporting on Environmental Issues.

This extended framework is used because it makes more clear what's the difference between the *driving force*, like development of industry or number of vehicle kilometres of passenger cars, and the *pressures*, for example the emission of CO<sub>2</sub> by passenger cars. The *state* of the environment is expressed in quality parameters for air, water and soil. *Impact* is a more difficult concept: it stands for the effects of a changed environment on the health of human beings and other organisms and on the effects on nature and biodiversity. All those impacts give rise to *responses* of society.

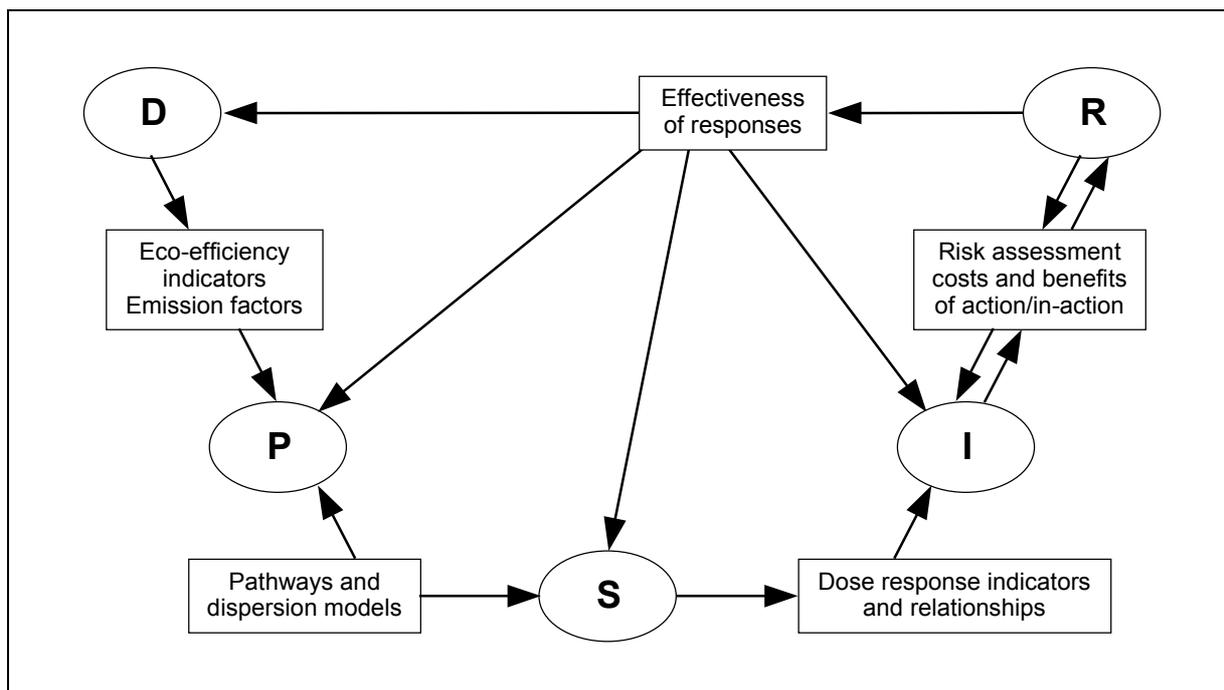


Fig. 3: Indicators and information linking DPSIR elements.

And what is in between the DPSIR elements? In between are the processes, going from D to P from P to S. Generally one uses models to come to grips with these processes, but at the same time, elements from these models could be used as indicators to tell the story on what is happening in the relationships between environment and human activities.

Measures like 'emission coefficients' and 'energy productivity' (or its inverse 'energy intensity') show what happens in between the driving forces and pressures.

This kind of information is being able to answer the question: Are we making technological progress?

Also in between the pressures and states, you could think of indicators. For example: fertiliser sales as approximation for release of nutrients against nitrate concentration in surface waters. Such a diagram tells the story of the time delay in natural processes and the 'time bombs' we might be creating in the environment.

The development of the EEA yearly indicator based report is also influenced by discussions in member countries and other organisations.

One of the most important discussions, in my view, is the development of **headline indicators**. The idea is to get environmental indicators into high-level policy documents and of course in the headlines of the newspapers, which means selecting and aggregating as much as possible and as is reasonable. For instance for the EEA we are thinking of a number of rather aggregated indicators for Europe.

Possible Indicators for the inputs into economic processes (resource use):

- total material input
- energy consumption
- land-use (probably translated in built-up lands as an aggregate)
- water consumption.

Possible indicators for outputs (pollutants):

- greenhouse gas emissions (aggregated with 100 yr GWP)

- emission of acidifying substances (aggregated with their acidification potential) (not “air pollution” because policy makers are dealing with acidification or health problems as main entrance in air pollution problems)
- emission of ozone depleting substances (aggregated with ODPs)
- waste (amounts of waste to be dumped)
- chemicals: index for chemical releases (aggregated indicator).

One could also think of an aggregated indicator for eutrophication, telling the total nitrogen or phosphorus emissions in a country.

But it will be a very **limited set of indicators**. In the EEA yearly indicator report they would be used to start chapters with. The rest of the chapter would then tell the story, the assessment around it, why it's developing in that way and how developments might go on.

The EEA is playing with the elements sketched above and will come up with the draft list of contents in March 1999 for a first publication to be ready by the end of 1999.

A number of other principles for developing the report:

- it should be an outlet for the main outcomes of the EIONET and the European Topic Centres
- it should not be a collection of fact sheets and statistics, because the EEA is not EURO-STAT, but it should be an assessment of the situation based on indicators
- it should be a yearly product, but with varying regularity of the chapters.

Some chapters will be necessary each year, because policy makers are interested in the development of CO<sub>2</sub> emissions on a regular basis. For some chapters its better to have a lower frequency, for instance stratospheric ozone depletion, because the problem is generally under control and its a question of following if we are still succeeding in keeping the Montreal protocol. For others it's because the data change so little, that it makes no sense to report regularly. Some chapters might appear only once and especially response indicators might be included here: Response indicators have a limited lifetime, because responses are changing over time. In policy instruments, for instance, we have seen the change from regulations, to economic instruments and to voluntary agreements. In this part of the an assessment could be given of the state of joint implementation in Europe, without having the necessity to report on that each year, also because the data are not regularly available .

Chapters will generally cover environmental issues, but the report will contain an important part on societal sectors.

The last element is linked with the development of reporting mechanisms to follow the integration of environment in other sectors. The most important indicators of these reporting mechanisms will be included in the EEA yearly indicator report.

### **3 THE CONCLUSIONS OF THE CARDIFF EUROPEAN COUNCIL AND ITS FOLLOW-UP**

The European Council held in Cardiff in June 1998 asked for progress reports on the integration of environment in other sectors. These progress reports should be based on indicators. It has appeared that the Cardiff council has put on track a fast process of indicator development at the European level.

The European Environment Agency has been involved from the very beginning. In fact it was the UK presidency asking the Agency to develop some indicators for transport and environment at the end of 1997, which formed the start of the **Transport and Environment Report-**

**ing Mechanism** (TERM). This reporting mechanism became the example for the Cardiff European Council and for all the other reporting mechanisms based on indicators that are under development in 1998 and 1999.

Some main characteristics of TERM:

- Developed by DG VII, DG XI, EUROSTAT and the EEA
- Taking into account a list of main policy questions, the DPSIR framework and the indicator typology.

Very important is, that the reporting mechanisms and indicator sets are being developed by policy people together with the data providers. In all cases the starting point should be a list of questions from the side of the policy makers on the integration of environment in the sector concerned. What do they need to know? Secondly it is important to identify the 'levers', the places, where policy action can influence the developments.

For the TERM this process has resulted in a list of indicators like "transport emissions as percentage of the total national emissions", "energy efficiency", "km travelled", "modal split in transport", but also on the "++" prices and taxes. One can find indicators for land use, for transport infrastructure and the investment in transport infrastructure in the countries per capita. But it also includes some indicators for which the remark in the contribution of Mr. Narodoslowsky is valid: not everything can be captured in data and figures. The TERM contains the proposal for an indicator "access to services", because that is the basic question to be asked in thinking on sustainable transport: "how easy do we have access to this and that service?". And not how many kilometers we travel, and how efficient we can do that. The big question is now: can we make or approach such an indicator?

The **Energy-Environment-Reporting Mechanism** started autumn 1998 with a small working group of DG XVII, DGXI, EUROSTAT and EEA. It was at the moment of writing in the stage of determining the indicators to be included in the list, and testing those with available data. Two levels are distinguished:

- Firstly 'energy from cradle to grave' on the national level, which is one of the important points in integrating environment in energy, but
- secondly the energy sector (power plants, refineries, and other transformation units) itself, with the main question for a target group oriented policy: how is environment integrated in the energy transformation sector?

The energy/environment indicator set balances these two levels with on the one hand side indicators like the "total emissions from fossil energy sources", and on the other hand side also the "emissions of the energy sector sensu stricto". It includes, of course, important indicators with regard to in the European policies like the "share of renewables in gross inland consumption", prices, subsidies and taxes.

The Transport and environment reporting mechanism will result in a first indicator report at the end of 1999 for the Helsinki European Council and it is expected that this will be also feasible for energy and environment. For agriculture and the environment no formal group had been established by the time of writing. However, in March 1999 such a group is expected to start its activities, building, among others, on the OECD agri-environmental indicators. An interservice group on industry and the environment has been established already, but, as it was only at the Vienna European council in December 1998 that integration of industry and the environment was added to the Cardiff follow-up agenda, development of an indicator list for industry and the environment on the macro level has only started recently.

## ZIELE DES WORKSHOPS

**Karl Kienzl**  
Umweltbundesamt

Wir haben in diesen einleitenden Referaten gehört, in welcher spannender Zeit wir uns befinden. Der Gipfel von Cardiff hat für die Bereiche Verkehr, Landwirtschaft und Energie Indikatorensets gefordert und noch während der österreichischen Präsidentschaft wird dem Verkehrsministerrat für den Verkehrsbereich ein Indikatorenset vorgelegt werden. Wir müssen einerseits diese Sets schon parat haben und andererseits sind wir uns in den einzelnen Bereichen noch gar nicht darüber im klaren, welcher der beste Indikator ist, wie stark man Information überhaupt aggregieren kann usw.

Frau Dr. Gerhold hat uns mit dieser Pyramide, dem Eisberg-Modell, gezeigt, daß man anfänglich noch geglaubt hat, zu einer Zahl an der Spitze, die uns alles sagt, zu kommen.

Prof. Narodoslawsky hat diese Zahl mit 42 beziffert, ich sage gerne 0815 dazu.

SC Schreiber und Dr. Schober haben klar formuliert, daß die Politiker ein kleines Set von Indikatoren benötigen, um politisch damit agieren zu können. Dr. Bosch hat sie treffend als „Headline-Indikatoren“ bezeichnet. Sie müssen ja wirklich so einfach sein, daß politische Maßnahmen, die auf Indikatoren basieren, so präsentiert werden können, daß sie für die Allgemeinheit verständlich sind. Dann können Politiker Maßnahmen setzen – weil sie in der breiten Öffentlichkeit verstanden werden – und so ist uns in der Umweltpolitik ein Schritt weitergeholfen.

Doz. Windsperger hat uns gezeigt, welche Unklarheiten unter den Wissenschaftlern noch bestehen, wenn es um die Bewertung von Indikatoren geht.

Sie, meine Damen und Herren, haben in den nächsten zwei Tagen die Gelegenheit, diese Indikatorensets wesentlich enger zu schnüren. Das heißt nicht, daß diese Veranstaltung jetzt ein Schlußpunkt sein kann für die Indikatorendiskussion, aber Sie sehen selbst, wie dringend der Bedarf in der Politik da ist, klar definierte Indikatoren zu bekommen.

Wir haben insgesamt 5 Arbeitskreise vorgesehen zu den Themenbereichen

- Wasser,
- Natur und Landschaft, Biodiversität,
- Wald,
- Landwirtschaft und
- Energie.

Sie haben bemerkt, daß auch andere Themenbereiche sehr prominent angesprochen wurden, vor allem Verkehr, Abfall und Industrie. Wir haben diese Themen ganz bewußt ausgespart und uns auf 5 Bereiche konzentriert. Am Luftsektor sind ja die Emissionszahlen und die Stoffe, die gemessen werden, ein relativ klares Set.

Wir müssen die Vergleichbarkeit, nicht nur in Zeitreihen, sondern auch zwischen den Staaten im Hinterkopf haben. Da bin ich Peter Bosch sehr dankbar, daß er gezeigt hat, daß es innerhalb der Europäischen Umweltagentur um die Vergleichbarkeit von 18 Staaten geht. Und wenn wir jetzt die Diskussion mit der Osterweiterung führen, dann wissen wir auch, daß wir diesen Rahmen immer weiter fassen müssen. Diese Staaten müssen auch imstande sein, Indikatoren mit Zahlenmaterial zu füllen, so daß wir damit arbeiten können.

Ich möchte das Ziel für die Arbeitskreise erklären. Die 5 Arbeitskreise haben die Aufgabe, ein österreichspezifisches Set an Indikatoren für ihren Bereich zusammenzustellen. Als Umweltbundesamt haben wir uns die Aufgabe gestellt, aus fachlicher Sicht diese österreichspezifischen Indikatoren zu diskutieren und zusammenzutragen. Es werden in jedem Arbeitskreis zunächst ein oder mehrere Impulsreferate geben. Der Moderator in jedem Arbeitskreis wird versuchen, die verschiedenen Aspekte, die auftauchen, so zu gewichten, daß man dann das Gefühl bekommt, das ist der Indikator, mit dem sich der Arbeitskreis wirklich identifiziert.

Hier gibt es sicher Bereiche, wo es noch einer gewissen Diskussion bedarf, aber wir wollen versuchen, ein möglichst klar verständliches, einfaches Set an Indikatoren aus fachlicher Sicht für Österreich in diesen Arbeitskreisen zu erarbeiten.

Wir haben für die Präsentation der Ergebnisse der Arbeitskreise Strukturen vorgegeben. In Tab.1 ist diese noch leere Ergebnismatrix dargestellt.

Tab. 1: Ergebnismatrix für die Arbeitskreise.

Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf

Ziel für jeden Arbeitskreis ist das Ausfüllen dieser Ergebnismatrix und die Präsentation in der morgigen Plenardiskussion, wo es vor allem um die Verschneidung der einzelnen Bereiche, die Diskussion miteinander und das gemeinsame Ableiten von Handlungsbedarf geht. Ich bin sehr froh, daß erstmals aus diesen 5 Bereichen, wo wir Arbeitskreise installiert haben, Vertreter der Wissenschaft, der Verwaltung und Nicht-Regierungsorganisationen teilnehmen, um zu diesem Thema untereinander und miteinander zu diskutieren. So etwas haben wir in Österreich noch nicht gehabt und es ist sehr notwendig, dies zu tun.

Die Themenbereiche unserer Arbeitskreise sind zum einen Umweltmedien, zum anderen Sektoren. Wir haben da sicherlich ein großes Spannungsfeld, das ist uns bewußt und damit müssen wir auch arbeiten, um dann zu einem relativ kleinen Set an Indikatoren zu kommen, um politische Reaktionen möglich zu machen.

Ich möchte Sie noch darauf hinweisen, daß wir die Plenardiskussion jetzt und auch die morgige Nachmittagsdiskussion auf Tonband aufzeichnen. Wir werden diese dann in einem Tagungsband wiedergeben.

## 1. PLENARDISKUSSION, 16. NOVEMBER 1998

**Blum:** Wir haben heute von ganz verschiedenen Ansätzen gehört, zum einen vom EUROSTAT-Ansatz, dann vom Ansatz des ÖSTAT im Umweltbereich, von den Arbeiten der Europäischen Umweltagentur und schließlich von den Zielen des Workshops heute und morgen. Bei EUROSTAT geht man nur von den Pressure- und Driving Forces-Indikatoren aus und fragt nach deren Relevanz. Dabei zeigt sich deutlich, daß man nur das manifestieren kann, was im Bewußtsein der Befragten bereits vorhanden ist. Im Vortrag von Doz. Winsperger haben wir auch die zwei „gaps“ deutlich gesehen: Biodiversität und Boden. Für diese beiden Bereiche wurde eine nur geringe Indikatorenwirkung aufgezeigt, weil im Bewußtsein der Bevölkerung Biodiversität und Boden nicht relevant sind.

Ein anderer Ansatz, und ich gehe davon aus, daß das heute und morgen diskutiert werden wird, ist das Modell. Wir gehen von Teilmodellen aus, wobei wir versuchen aus Teilmodellen Szenarien zu formen und für diese Szenarien die Indikatoren zu finden, die in diesen Szenarien einen wesentlichen Stellenwert haben oder die das Szenario als solches darstellen. Wir haben hier die Arbeitskreise Wasser, Natur und Landschaft, Biodiversität, Wald, Landwirtschaft und Energie.

Im Vortrag von Michael Narodoslawsky wurde die Problematik der Nachhaltigkeit mit ihren Komponenten Umwelt, Ökonomie und Soziales charakterisiert. Was wir zusätzlich gehört haben ist, daß die Zeit eine entscheidende Rolle spielt als 4. Faktor der Nachhaltigkeit. Weil wir nicht für heute denken, sondern von heute in die Zukunft, hat die Frage der Reversibilität und Irreversibilität von Prozessen eine ganz entscheidende Bedeutung. Die Biodiversität ist so ein Beispiel: wenn ein Gen verschwunden ist, ist etwas Irreversibles passiert. Wenn wir in der Umwelt Flächen versiegeln, werden sie für einen bestimmten Zweck, nämlich fürs Auto fahren, wohnen oder einen anderen Zweck genutzt. Aber zukünftige Generationen können dort keine Radieschen mehr anbauen, kein Wasser mehr filtern und auch keine Gene erhalten, weil diese Flächen für lange Zeit versiegelt sind. Das heißt, die Frage des Zeitfaktors ist in der gesamten Diskussion rund um Indikatoren auf verschiedenen Ebenen ganz entscheidend.

Letztendlich darf ich noch mal darauf hinweisen, daß der OECD-Ansatz der am besten definierte Ansatz im bezug auf das ist, was Indikatoren sein sollten. Die OECD arbeitet schon am längsten auf diesem Sektor. Folgende Fragen sind in Zusammenhang mit Indikatoren wichtig:

- wofür definiere ich den Indikator? Der Indikator muß politikrelevant sein. Er muß für die Entscheidungsträger Informationen bieten, sonst ist er völlig uninteressant.
- ist der Indikator meßbar? Er muß meßbar sein, wir haben gehört, daß er für 18 Staaten in Europa meßbar sein muß. Heute und morgen diskutieren wir, ob der Indikator in Österreich meßbar ist, weil wir für Österreich Indikatoren festlegen wollen. Der Indikator muß schnell und auch kostengünstig meßbar sein, sonst bringt das Ganze nichts. Wir sind ja froh, daß wir manches gar nicht mehr messen müssen, weil das ÖSTAT bereits die Daten für uns in der Schublade hat und vielleicht auch EUROSTAT.

**Verschiedene Ansätze zu Indikatoren**

**Indikatoren für Modelle und Szenarien**

**Zeit – die 4. Dimension der Nachhaltigkeit**

**Drei entscheidende Punkte bei Indikatoren**

- Der 3. Punkt ist, daß diese Daten Kausalbezüge haben müssen, d. h. sie müssen sinnvoll und logisch nachvollziehbar auch einem Politiker klar machen, warum der Indikator in einer Kausalkette diesen Stellenwert hat, warum der Indikator in einem und für ein Szenario stehen kann.

Wenn diese 3 Kriterien nicht getroffen werden, ist der Indikator nicht interessant.

**Zusammen-  
führen der  
Ansätze von  
EUROSTAT und  
EEA**

Ich persönlich war über den EUROSTAT-Ansatz nicht sehr glücklich, weil das ein Schuß in das Dunkle war. Es wäre gut und sinnvoll, wenn die beiden völlig verschiedenen Ansätze in Europa – der von EUROSTAT und jener der Europäischen Umweltagentur – auf einer bestimmten Ebene zusammengeführt werden könnten. Soweit sind wir leider noch nicht, aber ich hoffe, es wird dazu kommen.

**Wohlfahrts-  
nutzen von  
Indikatoren**

**Kudjelka:** Ich habe eine konkrete Frage: Mir fehlt eine Zielbeschreibung zu dem Stichwort „gemeinsamer Wohlfahrtsnutzen“. Ich erwarte eventuell vom Präsidium einen kurzen Hinweis, eine Hilfestellung oder Leitlinien, um meine Mitarbeit bei den Indikatoren am nachmittag und morgen ordnen zu können.

**Ziele des  
Workshops**

**Kienzl ad hoc:** Ziel generell von diesen Arbeitskreisen ist, daß wir ein Set von Indikatoren für Österreich erarbeiten wollen, mit all den spezifischen Bedingungen, die wir in Österreich haben, z. B. dem alpinen oder dem pannonischen Bereich, der in der europäischen Diskussion durch den Beitritt Österreichs dazugekommen ist.

Wir wollen ein Indikatorenset für jeden Arbeitskreis erarbeiten, wo der Umweltaspekt, d. h. die Beschreibung des Umweltzustandes und die umweltpolitische Implikation enthalten sein sollen.

Ich bin mir bewußt, daß die 5 verschiedenen Arbeitskreise eine sehr unterschiedliche Basis haben. Der Wasserarbeitskreis geht vor allem von der europäischen Rahmenrichtlinie und Indikatoren für diesen Bereich aus, im Waldsektor werden der Begriff der Nachhaltigkeit sowie Kriterien und Indikatoren der Nachhaltigkeit schon sehr lange diskutiert. Dies beinhaltet auch die Kennzeichnungsdiskussion, die sich derzeit v. a. im internationalen Raum abspielt. Im Bereich Natur und Landschaft und bei der Biodiversität haben wir eine klassische Querschnittsmaterie, wo nicht ein direkter Verursacher durch Indikatoren klar erkennbar wird, man denke etwa an die Roten Listen. Es ist vielmehr das menschliche Handeln generell, das dazu geführt hat. Die Landwirtschaft wird sich vor allem an den OECD-Indikatoren orientieren, die Energie wird einen breiteren Ansatz versuchen.

In jedem Bereich ist die Wohlfahrt enthalten, natürlich geht es immer um den Menschen, denn das ist ja das zentrale Handeln all unserer Politiken. Wir wollen uns aber auf die Umweltbereiche konzentrieren.

**Zwei Extrem-  
positionen der  
Indikatoren-  
Diskussion**

**Vogel:** Wenn man die Diskussion um Indikatoren verfolgt oder in der letzten Zeit verfolgt hat, so wird offensichtlich, daß sie vor allem durch ein Spannungsfeld geprägt ist, das sich durch zwei Extrempositionen charakterisieren läßt:

- Einmal die von Seiten der politischen Entscheidungsträger und eines Teils der Verwaltung geforderte starke Vereinfachung, die letztlich mit dem Ziel formuliert werden kann, daß es eine Zahl gibt, durch die man einen Umweltzustand oder eine Entwicklung charakterisieren kann.
- Auf der anderen Seite ist immer sehr stark von Seiten der Wissenschaft, von Seiten der Fachleute und hiermit natürlich auch von einem Teil der Verwaltung gefordert worden, daß man diesen und jenen Aspekt auch noch berücksichtigen, d. h. das Set der Indikatoren erweitern muß.

Ich glaube, die Referate, die es heute gegeben hat, haben zu dieser Diskussion einen sehr wertvollen Beitrag geleistet. Einerseits hat Prof. Narodoslowsky die Meinung vertreten, daß ein Indikator nicht die Wahrheit an sich verkörpert, sondern er relativ gesehen werden muß, in seiner Funktion als Lernhilfe und als Vorbereitung für eine Entscheidung. Ich glaube, daß dies ein ganz wichtiger Aspekt ist, nicht Ansprüche an einen Indikator zu stellen, die dieser nicht erfüllen kann.

Der zweite für mich ganz wesentliche Aspekt kam von Frau Dr. Gerhold, die dieses Eisbergbeispiel gebracht hat. Diese Beispiel hat gezeigt, daß selbst wenn man hochaggregierte Zahlen formuliert, die auf einer breiten Datenbasis beruhen, diese Datenbasis ja dennoch vorhanden ist. Für viele wissenschaftlich-technische Untersuchungen kann daher auf diese breite Datenbasis zurückgegriffen werden, diese gibt es ja auch weiterhin, selbst wenn man mit einem hochaggregierten Indikator in einer sehr plakativen und publikumswirksamen Form Entwicklungen darstellt.

**Grath:** Die Ausführungen von Herrn Prof. Narodoslowsky waren sehr klar, er hat die Anforderungen an Indikatoren beschrieben und die Unterschiede zwischen Umweltindikatoren und Indikatoren für die Nachhaltigkeit dargestellt. Mich würde interessieren, ob Sie ein Beispiel für einen Nachhaltigkeitsindikator nennen können, der alle Anforderungen erfüllt, die sie uns präsentiert haben.

**Narodoslowsky:** Erstens einmal glaube ich, daß es der Inhalt dieses Workshops ist, diese Indikatoren zu finden, daher will ich den Ergebnissen dieses Workshops keineswegs vorgreifen und sage Ihnen daher auch keinen Indikator, der alle Anforderungen erfüllt. Obwohl mir einige einfachen würden in jenem Bereich, wo ich annehme, daß dieser Forderung nach übergreifenden Informationen und nach Trendinformationen nachgekommen werden kann.

Ich möchte aber auf zwei Punkte zurückkommen, die schon erwähnt wurden und vielleicht hiermit zusammenhängen:

Das eine zu der Wortmeldung über das Wohlfahrtsziel. Ich glaube, daß es eine ganz wesentliche Grundvoraussetzung ist, daß man dieses zuerst festhält, bevor man überhaupt einen Indikator definiert. Dies einfach deshalb, weil wir sonst in der Indikatordiskussion sehr leicht in die Qualtinger-Falle laufen: „Wir wissen zwar nicht wohin, aber dafür sind wir unheimlich schnell dort“. Das heißt, es wäre schon sinnvoll, sich zu überlegen, wie denn das Leitbild ausschaut, das wir haben wollen. Dies auch im bezug auf die Entwicklung der Gesellschaft. Abgeleitet davon kann man dann untersuchen, wie denn das, was ich in der Umwelt zu messen habe, auszusehen hat.

**Indikatoren als Lernhilfen**

**hochaggregierte Indikatoren und breite Datenbasis**

**Beispiel für einen Nachhaltigkeitsindikator?**

**Wohlfahrtsziel zuerst definieren**

Zur Interpretation von Indikatoren:

Einen zweiten Gedanken möchte ich darlegen: Frau Dr. Gerhold hat zwei Indikatoren gebracht, die als Nachhaltigkeitsindikatoren interpretiert werden können, wenn man sie als solche betrachten möchte. Das war dieses Wasserverbrauchsbeispiel: Eine Kurve hat gezeigt, daß der Wasserverbrauch mehr oder minder entkoppelt vom Bruttoinlandsprodukt, also vom wirtschaftlichen Wachstum, ist. Das ist eine mögliche Wahrheit. Die zweite mögliche Sichtweise wäre gewesen, nachzusehen, ob der Wasserverbrauch an sich gestiegen ist oder nicht. Es könnte ja sein, daß unser Wirtschaftswachstum ein bißchen schneller wächst, als das, was wir an Wassereffektivität einsparen.

Ich glaube, das sind zwei schöne Aspekte. Auf der einen Seite ein Aspekt, der Ressourceneffizienz darstellt und der uns die Antwort geben kann, ob es denn überhaupt möglich ist, mit Hilfe dessen, was wir bisher tun, uns so einzubremsen, daß wir nachhaltig werden.

**Indikatoren  
zeigen den Weg  
auf**

Für sich selber sind diese Indikatoren Indikatoren wie viele andere auch. Es kommt auf die Interpretation an – was sind denn eigentlich die Fragen, zu denen ich diese Indikatoren als Antwort heranziehe? Ich glaube, daß es keine Indikatoren gibt, von denen ich annehme, daß sie rückhaltlos nachhaltig sind. Aber ich glaube, daß sie den Weg aufzeigen. Es geht also nicht nur um den Indikator als Zahl, sondern auch darum, wie ich ihn interpretiere und was ich mir denn eigentlich anschau.

**Windsperger:** Ich möchte dazu noch ein paar Worte ergänzen. Ich glaube, daß die gewünschten Eigenschaften und die Charakteristik eines Indikators von den Anforderungen abhängen. Wir haben eine gewisse Hierarchie bei den Indikatoren. Wenn Sie nur eine periodische Verfolgung eines Phänomens möchten, dann genügt ein Indikator, der nicht sehr detailliert sein muß, ich würde das mit der Körpertemperatur vergleichen, die einem einfachen Check entspricht. Wenn Sie aber erkennen, daß etwas falsch läuft, dann brauchen Sie detaillierte Angaben zur Verfolgung und zur Setzung von Maßnahmen, das wäre dann der Befund im Detail.

So ist das auch z. B. bei der globalen Durchschnittstemperatur. Diese ist ein Gesamtindikator, auf Basis dessen Sie nicht sehr viel Maßnahmen setzen können. Da brauchen Sie dann sektorale Indikatoren.

**Anforderungen  
an Indikatoren  
zuerst  
definieren**

Ich glaube, man müßte sich zuerst darüber im Klaren sein, für welche Anforderungen man die Indikatoren braucht und dann dafür die richtigen Indikatoren suchen. Ich glaube auch, daß das bei unserer Erhebung eine Schwäche war, daß wir zwar generell gute Fragen gestellt, aber nicht genau definiert haben, für welchen Hintergrund, für welchen Anwendungsfall man die Indikatoren braucht. Man kann dies mit der Frage nach der besseren Eignung eines Schraubenziehers oder eines Hammers veranschaulichen, die nur beantwortet werden kann, wenn man den Anwendungsfall kennt. Da wir diesen nicht exakt definiert haben, sind die Antworten wahrscheinlich von einer unterschiedlichen Anwendung ausgegangen, wodurch sie sehr uneinheitlich erscheinen.

**Wechsel-  
wirkungen  
zwischen  
Indikatoren  
untersuchen**

Weiters glaube ich, daß ein großer Schwerpunkt in der zukünftigen Entwicklung, und wahrscheinlich auch hier in den nächsten zwei Tagen, im Zusammenwirken der Indikatoren liegt, nicht umsonst gibt es ja bei den Konzepten immer wieder Rückwirkungen. D. h. wir müssen uns neben der Suche nach den richtigen Indikatoren für einzelne Anwendungsfälle

auch den Kreisläufen und den Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren widmen. Speziell den Wechselwirkungen zwischen Belastungen und Auswirkungen, hin zu den Maßnahmen, nach welchem Konzept auch immer. Hierfür gibt es, glaube ich, noch einigen methodischen Arbeitsbedarf.

**Gerhold:** Ich würde da gerne ad hoc ergänzen. Ich glaube, das ist ein ganz wichtiger Punkt: nicht schon die maßgeschneiderte Antwort zu geben, sondern verschiedene Antworten zuzulassen. Zum Beispiel für den Bereich Wasser: Im Indikatorenset ist der absolute Wasserverbrauch in m<sup>3</sup> enthalten. Dieser ist bis auf kleine Schwankungen in etwa gleichgeblieben. Die Kurve, die ich Ihnen gezeigt habe, war der Wasserverbrauch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt. Damit sich aber der Benutzer der Indikatoren alle Fragen selber beantworten kann, sind beide Dinge wichtige Informationen: Der absolute Wasserverbrauch und der Wasserverbrauch bezogen auf die Wertschöpfung der Wirtschaft.

Ich glaube, daß ein Indikator nicht schon darauf ausgerichtet sein soll, jede spezifische Frage zu beantworten, z. B. Wasserverbrauch im Bezug auf das BIP, sondern er soll die Informationen liefern, mit Hilfe derer sich jeder selbst seine Fragen beantworten kann. Wenn man Zahlen für den absoluten Wasserverbrauch und das BIP hat, braucht man nur mehr zu dividieren. Wir haben uns zurückgehalten, schon vorfabrizierte Antworten zu geben, sondern wollten sie nur ermöglichen. Ich glaube, daß das ganz wichtig war.

**Bosch:** Zu der Frage der Zielbeschreibungen. Ich denke, es ist ziemlich wichtig, für eine Indikatoren-Aufgabe ein genaues Ziel zu definieren. Prof. Blum hat gesagt, der Zeitfaktor ist wichtig. Ich glaube, daß auch der Raumfaktor wichtig in der Nachhaltigkeits-Diskussion ist. Betrachten wir nur Österreich, oder schauen wir auch von Österreich in die ganze Welt? Beispielsweise beschreibt der ökologische Fußabdruck auch, was über die Grenzen Österreichs hinausgeht.

Ich glaube, daß diese Fragen – wofür ich dieses Indikatorenset haben will – sehr wichtig sind. Geht es nur um eine österreichische Berichterstattung oder auch darum, global ein Bild von den österreichischen Pressures zu geben.

**Blum:** Ich möchte bezüglich des Raumkonzeptes an meinen Vorredner Peter Bosch anknüpfen. Ich meine, daß das, was in den nächsten Tagen hier diskutiert wird, extrem wichtig ist und zwar deswegen, weil wir die österreichische Position im europäischen Rahmen und über den europäischen Rahmen hinausgehend genau definieren müssen.

Ich sage Ihnen, was zur Zeit im internationalen Rahmen läuft. SC Schreiber hat es heute morgen kurz angedeutet. Vor allem dort, wo es um die Nutzung natürlicher Ressourcen für die Produktion geht, ist es am heikelsten und dort werden zur Zeit die Weichen gestellt. Das betrifft die Biodiversität und die anderen verschiedenen nachhaltigen Bedürfnisbefriedigungen des Menschen: Luft, Wasser und Nahrung.

**keine maßgeschneiderten Antworten durch Indikatoren ...**

**... sondern Ermöglichung von verschiedenen Antworten**

**Ziel und Raumfaktor bei Indikatoren entscheidend**

**Definition der österreichischen Position im internationalen Rahmen wichtig**

Dazu müssen wir unsere Position im internationalen Raum formulieren: was wollen wir *in* Österreich und *für* Österreich erreichen (wir sind eh schon spät dran)?

Zur Frage des Modells, der Modellierung: im Grunde genommen sind Einzelfakten nur auf der Basis eines Modells bewertbar! Wir als Wissens-träger sind nicht in der Lage, Politik zu machen, wir können nur dem Politiker Indikatoren in die Hand geben, die ihm helfen, Entscheidungen zu treffen. Wir können nur über Szenarien und Modelle befinden und ein breites Set an Indikatoren definieren.

**Entscheidungs-träger und ihre Taten als Indikatoren**

**Steindlegger:** Eine Frage an Prof. Narodoslawsky: Indikatoren liefern Hilfestellung für politische Entscheidungsträger, aber können nicht auch die Aussagen und Reaktionen der politischen Entscheidungsträger selbst Indikatoren sein? Eine Institution wie der WWF sieht auch die Entscheidungsträger und ihre Aussagen und ihre Taten als Indikator.

**„Wohlfahrts-wirkung“ und „Lebensraum“ als gleichwertige Funktionen**

Ich verwehre mich dagegen, daß die Indikatoren für die Entscheidungsträger nur im Sinne der Wohlfahrt gesehen werden können. Ich möchte ein Beispiel aus dem Forstgesetz geben. Es gibt im Forstgesetz einige Funktionen, die der Wald zu erfüllen hat, eine davon ist die Wohlfahrtsfunktion. Dies bedeutet, daß der Mensch aus dem Wald sein gutes Wasser bezieht und daß der Wald Luft filtert und so weiter. Aber die Frage der Biodiversität, d. h. wieviel verschiedene Pflanzen oder wieviel verschiedene Tiere im Wald sind, interessiert die Wohlfahrtsfunktion nur sehr wenig. Deshalb möchte ich die Biodiversitätsfunktion, die Funktion des Waldes als Lebensraum, der Wohlfahrtsfunktion gleichsetzen: weg von dem Begriff der „Umwelt“, der sehr anthropozentrisch gesehen wird, hin zu einer Funktion, in der auch Tiere und Pflanzen ihre eigenständige Berechtigung haben.

**„Mitweltansatz“ statt „Umweltansatz“**

**Narodoslawsky ad hoc:** Ich glaube, wenn man ein Wohlfahrtsziel definiert, muß das nicht unbedingt nur ein menschliches Wohlfahrtsziel sein bzw. muß man sich auch überlegen, was ist denn überhaupt das Ziel nachhaltiger Entwicklung im gesamten? Das habe ich versucht zu erklären – es ist eine ethische Konzeption, die von einer „Eingepaßtheit“ ausgeht und damit von Haus aus einen Mitweltansatz und keinen Umweltansatz hat.

Selbst wenn ich aber von diesem Mitweltansatz ausgehe, muß ich trotzdem noch einmal konkret nachfragen und mir überlegen, wie denn das generelle Wohlfahrtsziel der Gesellschaft aussieht.

**soziale Komponente der Nachhaltigkeit unbedingt notwendig**

Ich gebe Ihnen schon recht, daß es innerhalb dieses generellen Wohlfahrtszieles des Menschen auch durchaus die Fragestellung nach einer sinnvollen und effizienten Entscheidungsstruktur gibt. Insofern glaube ich – das ist zwar nicht Thema dieses Workshops, soll aber natürlich mitgedacht werden –, daß wir Indikatorensets nicht allein für die Umwelt sehen dürfen, auch wenn wir sie aus der nachhaltigen Sicht sehen. Viel mehr, und dies wurde sehr gut von Peter Bosch dargestellt, sind Umweltindikatoren ein Teil von Indikatoren, der in diesen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu sehen ist, die aufeinander abzustimmen sind. Ich glaube, daß es soziale Indikatoren geben muß und innerhalb der Sozialindikatoren auch ganz entscheidende Indikatoren die darauf hinweisen, wie denn die

Gesellschaft zu ihren Entscheidungen kommt und wie denn der Zugang zu Entscheidungen ist u.s.w.. Aber das ist sicherlich keine Frage, die hier in den nächsten zwei Halbtagen ganz an der obersten Stelle steht.

**Bosch:** Ich möchte gerne noch etwas mehr über die Response-Indikatoren sagen. Es ist richtig, daß wir mehr Daten für Pressure- und State-Indikatoren zur Verfügung haben, aber es gibt auch in Europa verschiedene Entwicklungen auf Ebene der Response-Indikatoren. Es gibt 3 Ebenen zu Response-Indikatoren.

***Drei Ebenen  
von Response-  
Indikatoren***

- Die erste Ebene ist die direkte Antwort von uns, von allen Menschen, auf die Umwelt. Man mißt das mit der Mitgliedschaft zu „grünen“ Vereinigungen oder mit Stimmen für grüne Parteien.
- Die nächste Ebene ist die politische Ebene, wo man die Maßnahmen und die Aktionen von Politikern mit Indikatoren mißt, z. B. wieviel „Green-Taxes“ gibt es in Europa oder was geschieht auf dieser Ebene, gibt's da einen Fortschritt oder nicht?
- Die wichtigste Ebene für die Umwelt aber ist, was die Menschen und die Industrien konkret tun. Da können Verkaufszahlen Indikatoren sein, aber auch z. B. die Anzahl an Industrien, die jetzt einen bestimmten Typ von Umwelttechnologie in ihrem Prozeß benötigen.

Auf diesen drei Ebenen – und ich glaube, es ist gut, diese 3 Ebenen zu unterscheiden – ist es möglich, Response-Indikatoren zu finden und zu überlegen, ob sie sinnvoll sind, um die Interaktionen zwischen Umwelt und Gesellschaft zu repräsentieren.

## ARBEITSKREIS WASSER – IMPULSREFERATE

### **INDIKATOREN EINER NACHHALTIGEN NUTZUNG VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN**

**Andreas Chovanec & Veronika Koller-Kreimel**

*Umweltbundesamt & Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*

#### **1 EINLEITUNG**

Die vielfältigen Nutzungen von Gewässern durch den Menschen (Hochwasserschutz, Energiegewinnung, Vorfluter, Trinkwasser, Erholung, Schifffahrt, Bewässerung u. a.) können z. T. gravierende Störungen aquatischer Systeme bewirken: Verlust der Vernetzung des Gewässers mit Umland und Nebengewässern bzw. mit dem Grundwasser, Veränderungen der Strömungsmuster und Habitatstrukturen im Gewässerbett, Veränderungen der Linienführung des Gewässers, Unterbrechung der Kontinuumsverhältnisse, Störung der hydrologischen Verhältnisse (Abflußregime), Veränderungen der Wasserbeschaffenheit, Veränderungen des Angebotes an Nahrungs- und Energiequellen (z. B. reduzierter oder verstärkter Eintrag von POM, erhöhte Algenproduktivität durch fehlende Beschattung), Störungen der biotischen Interaktionen (z. B. durch Neozoa, Fischbesatz, Parasitismus; vgl. dazu u. a. KARR, 1991).

Überlegungen hinsichtlich des Gewässerschutzes und der Gewässersanierung waren seit jeher von der Bemühung geprägt, aussagekräftige Indikatoren für das Ausmaß von Belastungen und andere gewässerbezogene Fragestellungen zu entwickeln; als traditionsreiche Beispiele können das Saprobien-System zur Bewertung der Belastung von Gewässern mit leicht abbaubaren Substanzen und Nährstoffbestimmungen zur Trophiebeurteilung angeführt werden. Nicht zuletzt daran ist ersichtlich, daß sich die ersten umfangreichen Aktivitäten auf dem Gebiet des Gewässerschutzes auf den Aspekt der Gewässerreinigung konzentrierten. Die Erfolge in der Seensanierung sowie in der Verbesserung der Wasser- und biologischen Gewässergüte der Fließgewässer durch den forcierten Ausbau zentraler Abwassererfassungs- und -reinigungsanlagen geben Zeugnis von den Bemühungen auf diesem Sektor. Die Erhöhung der Zahl kaum oder nur mäßig verunreinigter Fließgewässerabschnitte im Lauf der letzten Jahrzehnte (BMLF, 1996) kann ebenfalls als ein Indikator in diesem Zusammenhang genannt werden.

Die seit den frühen 80er Jahren erarbeiteten Konzepte zur Fließgewässerökologie (einen kurzen Überblick gibt beispielsweise TOWNSEND, 1996) halfen, Fließgewässer als komplexe und dynamische Systeme zu verstehen. Diese Entwicklungen auf wissenschaftlicher Seite lenkten auch den Blick der Wasserwirtschaft verstärkt auf jene Auswirkungen, die nicht nur durch Stoffeinträge, sondern durch andere Nutzungen hervorgerufen werden und vor allem Gewässerstrukturen, Hydrologie und Vernetzungsaspekte betreffen.

Damit erwuchs auch die Notwendigkeit zur ganzheitlichen Beurteilung von Gewässern, um in einer integrierenden Weise möglichst ein breites Spektrum allfälliger nutzungsbedingter Auswirkungen erfassen zu können (vgl. dazu z. B. MAUCH, 1990; FRIEDRICH & LACOMBE, 1992; CHOVANEC et al., 1994a). Ökosystembezogene, integrierte Bewertungsverfahren nehmen daher innerhalb der modernen angewandten limnologischen Forschung einen Schwerpunkt ein; Methoden der Bioindikation spielen hierbei eine zentrale Rolle. Gebräuchliche Begriffe wie "biological integrity", "ecosystem health", "environmental health" und nicht zuletzt "ökologische Funktionsfähigkeit" zeugen von der Bedeutung ganzheitlicher Betrachtungen in der Limnologie und wasserwirtschaftlichen Praxis (KARR, 1991; RAPPORT, 1992; REGIER, 1992; SCHNEIDER, 1992; CHOVANEC et al., 1997; MOOG & CHOVANEC, 1998; SIMON, 1998).

Verschiedene Monitoringprogramme und internationale Kooperationen fußen auf der Erhebung und Überwachung von Indikatoren (vgl. dazu z. B. HUNSAKER, 1993; PAULSEN & LINTHURST, 1994; OECD, 1994). Diese Tatsache begründet auch den zentralen Status von Indikatoren in der Umweltpolitik: Durch den Einsatz von Indikatoren wird Information über Zustand und Entwicklung der Umwelt gestrafft und die Kommunikation darüber verbessert. Damit werden wesentliche Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen getroffen. Indikatoren helfen dabei, Umweltziele zu formulieren und ihre Einhaltung bzw. Erreichung zu überwachen ("compliance indicators"; CAIRNS et al., 1993). Insbesondere im Zusammenhang mit den Begriffen "nachhaltige Entwicklung" und "nachhaltige Nutzung" spielen Indikatoren eine essentielle Rolle.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, aus limnologischer Sicht

- durch die Beschreibung von Indikatoren und durch entsprechende Definitionen einen Beitrag zu einem einheitlichen Indikatorbegriff zu liefern und
- integrierte Gewässerbewertung als Indikator einer nachhaltigen Nutzung von Gewässern darzustellen. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der Entwicklung derartiger Verfahren zur Umsetzung der neuen Wasser-Rahmenrichtlinie der EU diskutiert.

## 2 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

"Basically, everything is an indicator of something but nothing is an indicator of everything" – CAIRNS et al. (1993) zeigten mit diesem Satz klar, wie schwer eine sinnvolle Präzisierung des Indikatorbegriffes ist; die Vielfalt entsprechender Definitionen ist dementsprechend groß, die Abgrenzung zu anderen Begriffen, wie z. B. Parameter, oft unscharf. HAMMOND et al. (1995) und WALZ (1997) beispielsweise grenzen den Begriff des Umweltindikators von jenem des Umweltindex ab.

Angelehnt an entsprechende Definitionen von HUNSAKER (1993) und der OECD (1994) werden folgende Begriffsbestimmungen vorgeschlagen (CHOVANEC et al., 1998a):

- **Indikatoren:** Parameter oder von einem Parameter oder mehreren Parametern abgeleitete Größen, die Informationen zu bestimmten Fragestellungen liefern.
- **Parameter:** Eigenschaft, die durch Messung, Beobachtung o. ä. erhoben wird.
- **Indikatoren des Zustandes der Umwelt:** Parameter oder von einem Parameter oder mehreren Parametern abgeleitete Größen, die Informationen über Zustand und/oder Entwicklungen der Umwelt liefern bzw. Bewertungen ermöglichen.

Indikatoren des Zustandes der Umwelt entsprechen den "state indicators" ("indicators of environmental conditions") im Sinne des "pressure – state – response – Schemas" der OECD (1994).

Für die Beschreibung der anthropogenen Einwirkungen auf die Umwelt und der Reaktionen der Gesellschaft auf diese Effekte und den Zustand der Umwelt werden weitere umweltrelevante Parameter oder Größen als Indikatoren herangezogen ("pressure" und "response indicators"; OECD, 1994; siehe dazu auch EEA, 1995). Da "pressure" und "response indicators" nichts oder nur indirekt etwas über den Zustand der Umwelt aussagen, wird vorgeschlagen, diesen Indikatoren den Begriff "umweltrelevante Indikatoren" – im Gegensatz zu "Umweltindikatoren" – zuzuordnen.

Die Auswahl von Indikatoren richtet sich also in erster Linie nach der jeweiligen Problemstellung bzw. Zielsetzung. Insbesondere bei ökologischen Fragestellungen ist bei der Auswahl der Indikatoren Aspekten der Struktur und Funktionalität von Ökosystemen besonderes Augenmerk zu widmen (vgl. dazu z. B. NOSS, 1990; WARD, 1998).

In der internationalen umweltpolitischen Diskussion haben Indikatoren Bedeutung erlangt, den Begriff der **Nachhaltigkeit** zu operationalisieren (UN, 1992). Der Terminus "Sustainable Development" wurde weltweit bekannt, als 1987 die UN-Kommission für Umwelt und Entwicklung ihren Bericht "Our Common Future" vorlegte; darin ist nachhaltige Entwicklung als "... development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987) definiert. Im Rahmen nachhaltiger Entwicklung wird somit versucht, ein Gleichgewicht zwischen den fundamentalen gesellschaftspolitischen Zielsetzungen der Erhaltung des sozialen Friedens, der Sicherung wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit und der langfristigen Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen zu erzielen (ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG, 1995).

Nachhaltige Nutzung von Gewässern hat zum Ziel:

- die Sicherung des Wassers in seinen vielfältigen Erscheinungsformen als Ressource für unterschiedliche Nutzungen und
- die Sicherung der Gewässer als Lebensraum (KESTING, 1997). Dies impliziert die weitgehende Erhaltung der prägenden biotischen und abiotischen typspezifischen Eigenschaften der Gewässer.

Im Sinne des Österreichischen Wasserrechtsgesetzes bedeutet dies, daß die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer nicht wesentlich zu beeinträchtigen ist. Entsprechend der ÖNORM M 6232 "Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern" (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, 1997) wird die **ökologische Funktionsfähigkeit** als "Fähigkeit zur Aufrechterhaltung des Wirkungsgefüges zwischen dem in einem Gewässer und seinem Umland gegebenen Lebensraum und seiner organismischen Besiedlung entsprechend der natürlichen Ausprägung des betreffenden Gewässertyps" definiert. "Die ökologische Funktionsfähigkeit eines Gewässernetzes basiert darauf, daß die natürlich am und im Gewässersystem vorkommenden Tier- und Pflanzenarten autochthone Bestände ausbilden können. Die Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit bedeutet die langfristige autochthone Bestandssicherung. Eine Störung der ökologischen Funktionsfähigkeit zeigt sich in quantitativen und qualitativen Veränderungen der Biozöosen. Dies kann bis zum Ausfall autochthoner Arten oder zum Auftreten gänzlich neuer Arten führen" (ÖNORM M 6232).

Die Abb. 1 bis 5 illustrieren, wie aus einem Set von Parametern – abhängig von der Fragestellung – Indikatoren ausgewählt bzw. erarbeitet werden. Abb. 1 zeigt in schematisierter Form einzelne, willkürlich ausgewählte biotische und abiotische Parameter als Beispiele möglicher Erhebungsgrößen. Diese umfassen unterschiedliche taxonomische Niveaus (Arten, Ordnungen), Pflanzengesellschaften, abiotische Größen, chemisch-physikalische Einzel- und Summenparameter. Die Frage nach der Belastung eines Fließgewässerabschnittes mit leicht abbaubaren organischen Stoffen wird üblicherweise mit Indikatoren wie dem BSB<sub>5</sub> und/oder der biologischen Gewässergüte als aggregierender Größe beantwortet. Der Parameter BSB<sub>5</sub> wird also unmittelbar zum Indikator, der Indikator biologische Gewässergüte wird aus Ausgangsparametern (insbesondere Makrozoobenthos-Arten) ermittelt (Abb. 2). Aus denselben Ausgangsgrößen (MZB-Arten) entsteht durch andere Auswerteverfahren (Bestimmung der biozöotischen Region) ein geeigneter Indikator zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen von Stauhaltungen auf ein Fließgewässer (vgl. dazu z. B. MOOG, 1995). Daneben sind u. a. auch der Zustand der Populationen gewässertypspezifischer rheophiler Fischarten (z. B. SCHIEMER et al., 1991) und diverse abiotische Größen als Indikatoren einzusetzen (Abb. 3). Ein mögliches Indikatorset zur Bewertung der ökologischen Qualität der Uferbereiche stehender Gewässer ergibt sich beispielsweise aus Untersuchungen entsprechender Leit- oder Zielarten, die bestimmte strukturelle Ausstattungen der Litoralbereiche benötigen, aus der Analyse der Vergesellschaftung von Libellenarten (vgl. dazu z. B. CHOVANEC, in Druck) und/oder der Pflanzengesellschaften sowie aus der Bewertung einzelner abiotischer Größen (Abb. 4). Der in Kapitel 4 ausführlicher beschriebene Indikator "ökologische Funktionsfähigkeit" wird aus der interpretativen Zusammenschau unterschiedlicher Eingangsgrößen bzw. -parameter

(z. B. Fischzönose, Makrozoobenthos, Leit- oder Zielarten, abiotische Parameter, chemisch-physikalische Wasserbeschaffenheit) entwickelt und weist dadurch ein relativ hohes Aggregationsniveau auf (Abb. 5). Die für die Interpretation des Befundes, Ursachenforschung oder die Festlegung allfällig zu setzender Sanierungsmaßnahmen notwendigen Detailinformationen können den Einzelbewertungen der Eingangsgrößen entnommen werden.

**Legende zu den Abb. 1-5:**

- *Esox lucius* – Hecht;  
*Chondrostoma nasus* – Nase;  
*Barbus barbus* – Barbe;
- MZB – Makrozoobenthos;  
Trichoptera – Köcherfliegen;  
Plecoptera – Steinfliegen,  
Odonata – Libellen;
- *Margaritifera margaritifera* – Flußperlmuschel;  
*Ophiogomphus cecilia* – Grüne Keiljungfer;  
*Leucorrhinia pectoralis* – Große Moosjungfer;
- *Potamogeton lucens* – Glänzendes Laichkraut;  
*Trappa natans* – Wassernuß;
- BSB<sub>5</sub> – Biochemischer Sauerstoffbedarf (nach 5 Tagen);  
NH<sub>4</sub>-N – Ammonium-Stickstoff;  
AOX – Adsorbierbare organische Halogene;
- strichlierte Umrahmungen weisen Parameter und Eingangsgrößen aus, geschlossene Umrahmungen zeigen Indikatoren an.

<i>E. lucius</i>	Trichoptera	Röhrichte	Hydrolog. Regime	BSB <sub>5</sub>
<i>C. nasus</i>	Plecoptera	Zwergbinsenges.	Grundwasserdynamik	NH <sub>4</sub> -N
<i>B. barbus</i>	Odonata		Laterale Konnektivität	pH
			Gewässerstrukturen	AOX
	<i>M. margaritifera</i>	<i>P. lucens</i>		
	<i>O. cecilia</i>	<i>T. natans</i>		
	<i>L. pectoralis</i>			
<b>Fische</b>	<b>MZB</b>	<b>Makrophyten</b>	<b>Abiotische Größen</b>	<b>Chem.-physikal. Größen</b>

Abb. 1: Set ausgewählter Erhebungsgrößen.

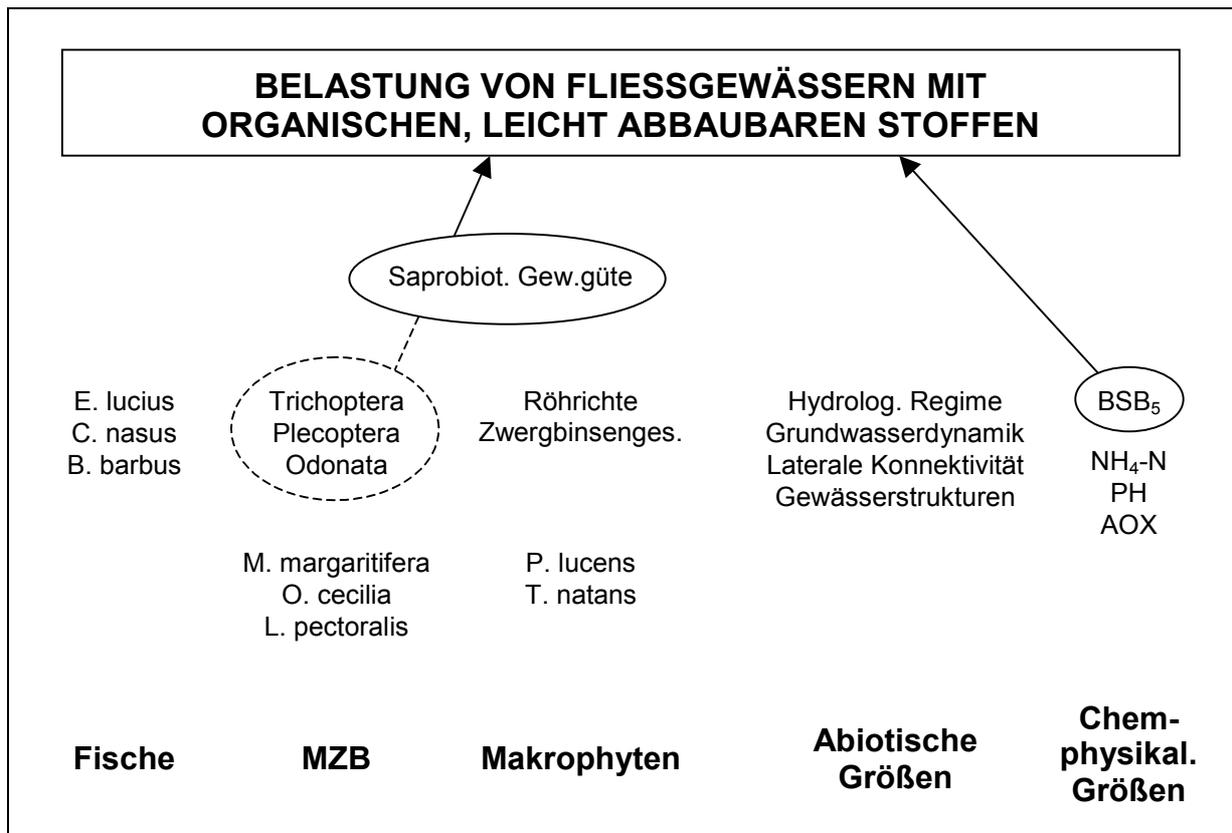


Abb. 2: Fragestellung: Belastung eines Fließgewässers mit organischen, leicht abbaubaren Stoffen.

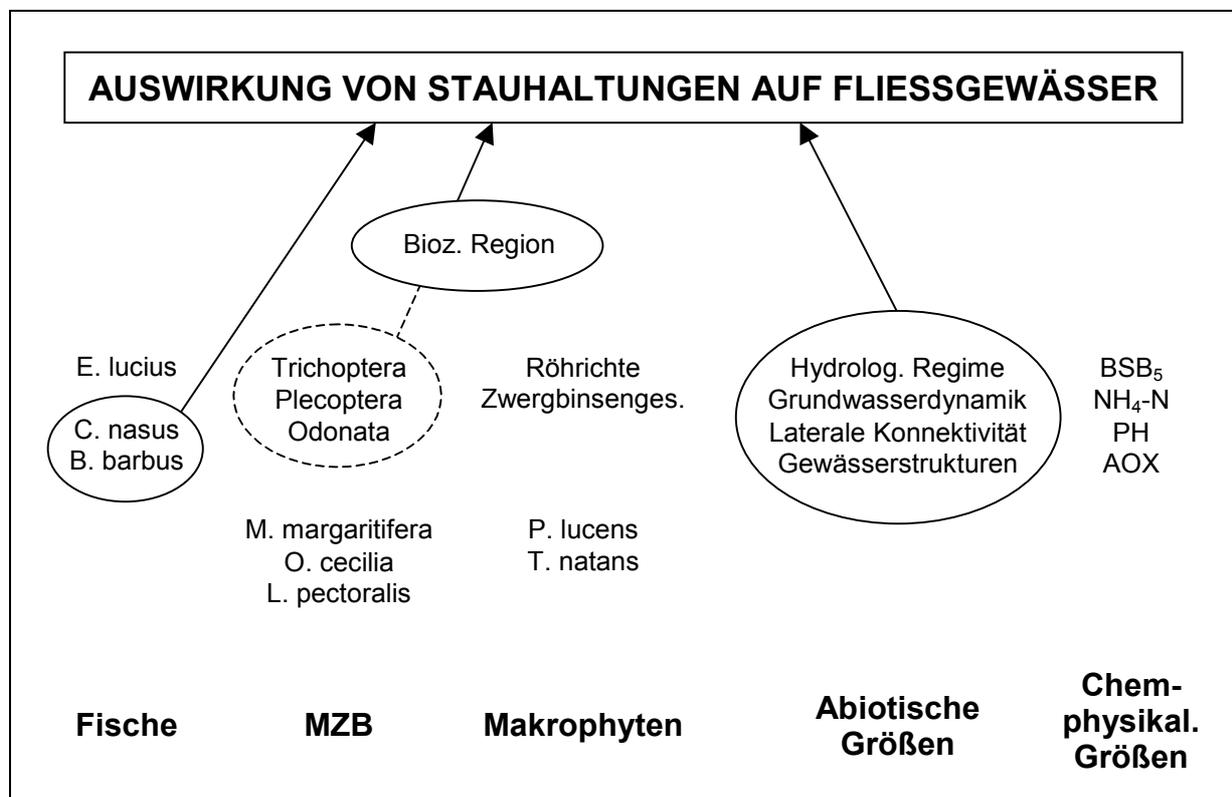


Abb. 3: Fragestellung: Auswirkung einer Stauhaltung auf ein Fließgewässer.

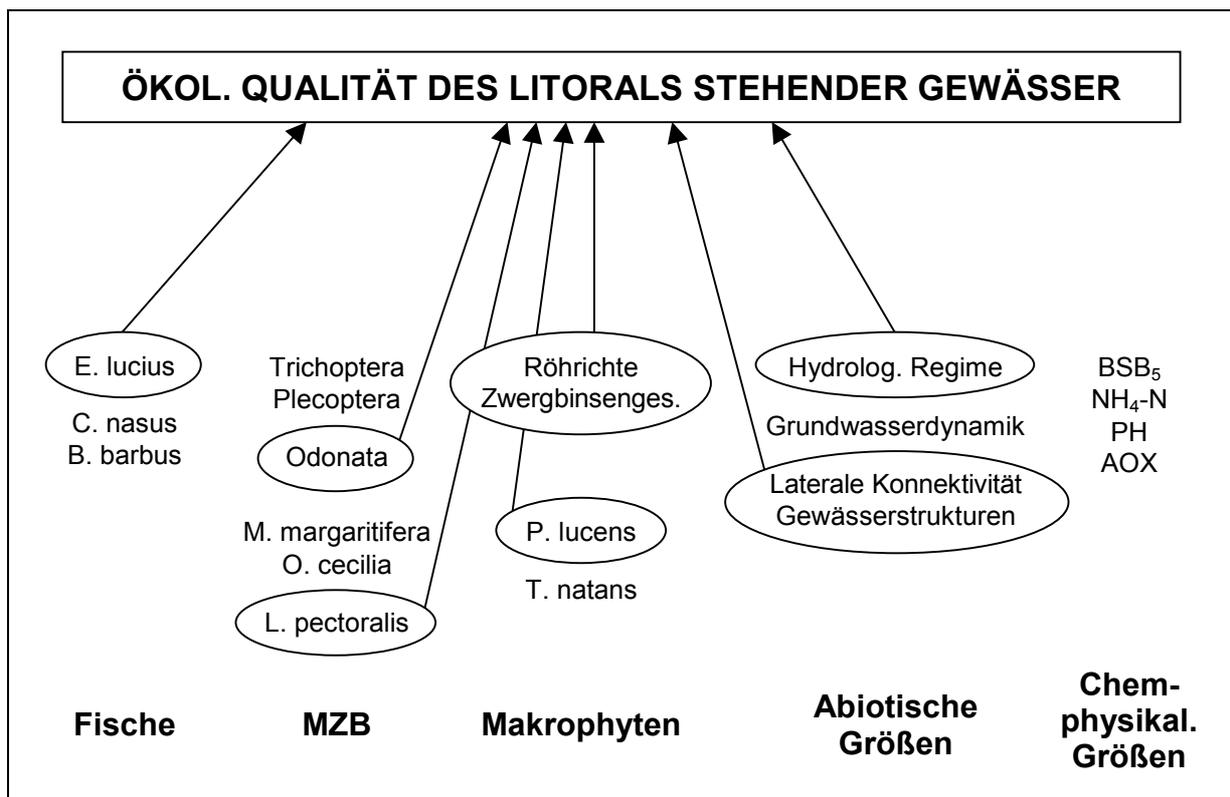


Abb. 4: Fragestellung: Ökologische Qualität des Litorals stehender Gewässer.

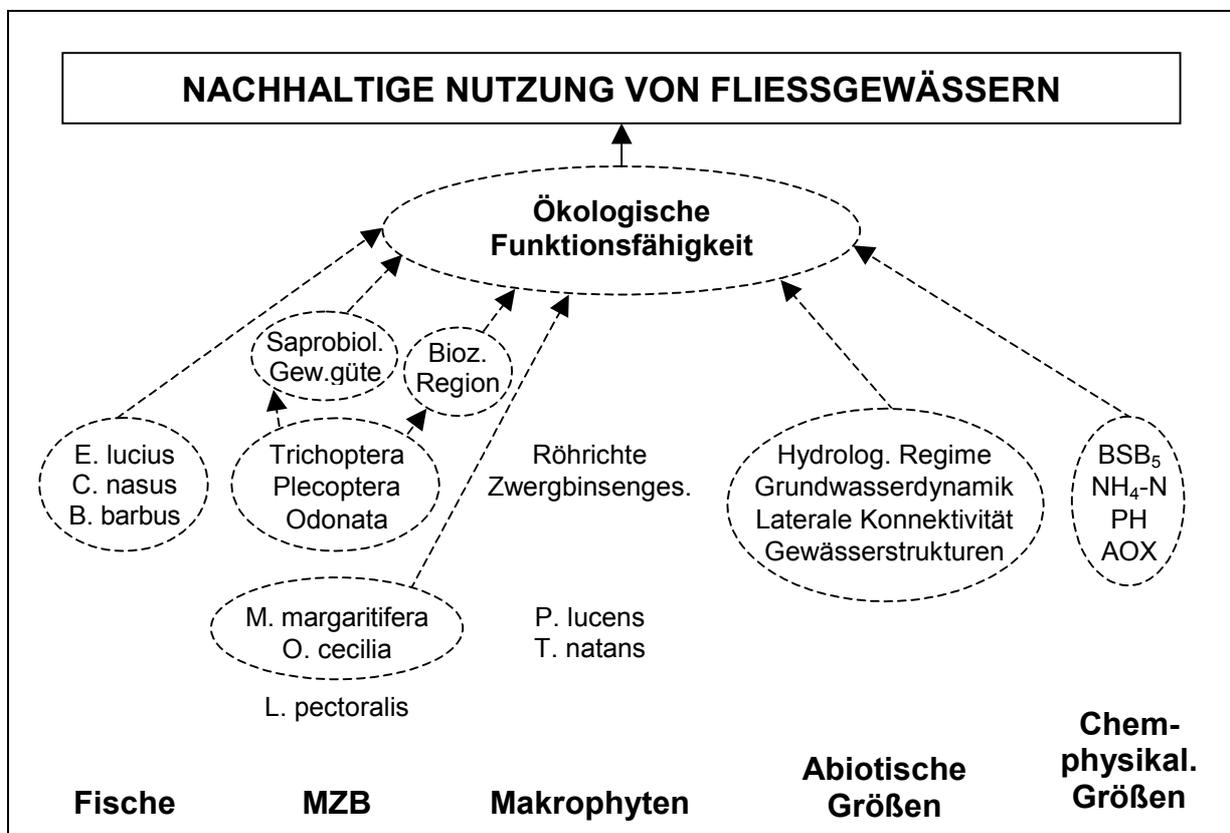


Abb. 5: Fragestellung: Nachhaltige Nutzung von Fließgewässern.

Aus diesen Beispielen wird ersichtlich, daß – bedingt durch die Fragestellung – sowohl Einzelparameter (z. B. Zielart, chemisch-physikalischer Parameter), als auch aggregierte Größen zu Indikatoren werden können, was einen Widerspruch zu der beispielsweise von HAMMOND et al. (1995) konstruierten "Informationspyramide" darstellt, in der die Ebenen Primärdaten – analysierte Daten – Indikatoren – Indices unterschieden werden.

### 3 ANFORDERUNGEN AN INDIKATOREN

Indikatoren für den Zustand der Umwelt und andere umweltrelevante Indikatoren sollen bestimmten Anforderungen entsprechen, um die allgemeine Anwendbarkeit, die nationale und internationale Harmonisierung von Erhebungs- und Auswertemethoden, die Vergleichbarkeit von Ergebnissen und damit die Transparenz umweltbezogener Diskussionen, Entscheidungsprozesse, Maßnahmen und deren Erfolgskontrolle zu ermöglichen (vgl. dazu u. a. HALBWACHS & ARNDT, 1992; CAIRNS et al., 1993; SPANGENBERG & SCHMIDT-BLEEK, 1995; YODER & RANKIN, 1995):

- *Fragestellungsadäquanz*: Der Indikator oder das Indikatorset muß geeignet sein, die zur Beantwortung einer bestimmten Frage notwendigen, aussagekräftigen Informationen zu liefern.
- *Genauigkeit*: Durch den Einsatz von Indikatoren sind die jeweiligen Fragestellungen möglichst exakt zu beantworten. Tatsächliche Veränderungen in der Umwelt sollten daher entsprechend genau durch den Indikator wiedergespiegelt werden. Dies setzt voraus, daß man die natürliche Schwankungsbreite des Indikators hinsichtlich relevanter ökologischer Faktoren kennt.
- *Repräsentanz*: Der Indikator oder das gewählte Indikatorenset muß für das jeweilige Gesamtsystem repräsentativ sein. Die aus dem Einsatz des Indikators gewonnenen Ergebnisse müssen auf möglichst viele Komponenten des Ökosystems übertragbar sein.
- *Ursache/Wirkung*: Veränderungen des Indikators sollten Rückschlüsse auf deren Ursachen zulassen. Ansonsten müssen zusätzlich entsprechende "diagnostic indicators" (RAPPORT, 1992; CAIRNS et al., 1993) eingesetzt werden.
- *Spezifität*: Spezifität ist dann gegeben, wenn die Reaktion des Indikators möglichst auf einen bestimmten Umweltfaktor zurückzuführen ist. Unspezifisch sind Indikatoren dann, wenn verschiedene Faktoren dieselbe Reaktion auslösen.
- *Empfindlichkeit*: Empfindliche Indikatoren spiegeln unterschiedlich starke Änderungen von Umweltfaktoren in unterschiedlichen Reaktionen wider.
- *Reaktionszeit*: Indikatoren sollen so schnell reagieren, daß auf der Basis ihrer Reaktion abgeleitete Maßnahmen rechtzeitig – d. h. vor dem Eintreten irreversibler Schädigungen – greifen können (vgl. dazu die Funktion der "early warning indicators" im Sinne von RAPPORT, 1992, und CAIRNS et al., 1993).
- *Räumlicher Bezug*: Indikatoren sollen auf verschiedenen räumlichen Ebenen (lokal, regional, überregional) anwendbar sein.
- *Standardisierbarkeit/Reproduzierbarkeit*: Erhebungs- und Auswertemethodik sollten standardisierbar sein, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.
- *Aggregation/Information*: Trotz Aggregation darf der Informationsverlust nicht zu hoch sein: Indikatoren müssen wissenschaftlich fundiert sein und eine aussagekräftige Basis für umweltbezogene Kommunikation und zu setzende Steuerungsmaßnahmen sein.

Abhängig von der Fragestellung und den einzusetzenden Indikatoren kommt diesen Punkten eine unterschiedliche Bedeutung zu. Beispielsweise ist das Maß der Standardisierbarkeit und damit der Reproduzierbarkeit bei Labortestverfahren in der Regel höher als bei feldorientierten Methoden, das Ausmaß der Repräsentanz ist bei ersteren allerdings geringer.

## 4 ERHEBUNG UND BEWERTUNG DER "ÖKOLOGISCHEN FUNKTIONSFÄHIGKEIT" ALS ANSATZ INTEGRIERTER GEWÄSSERBEWERTUNG

Die Komplexität der Fragestellungen, die von Politik und Verwaltung an die limnologische Forschung gerichtet werden, nahm in den letzten Jahren deutlich zu: Aufgrund der Vielzahl möglicher Beeinträchtigungsquellen sind zunehmend umfassende und unterschiedliche Faktoren integrierende Gesamtbewertungen gefragt, die sowohl wesentliche Grundinformationen "auf einen Blick" als auch die für die Interpretation und Planung essentiellen Hintergrundinformationen enthalten (vgl. dazu z. B. FRIEDRICH, 1998).

In den Jahren 1985 und 1990 wurde der Begriff der "ökologischen Funktionsfähigkeit" von Gewässern im österreichischen Wasserrechtsgesetz (WRG) verankert. Damit ist der Auftrag an die Verwaltung und wasserwirtschaftliche Praxis verbunden, Gewässer einer ökosystemaren Betrachtung zu unterziehen und in einer integrierten Form zu bewerten. In diesem Zusammenhang ist u. a. der § 30 (3) WRG zu zitieren: "Unter Schutz der Gewässer wird in diesem Bundesgesetz die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Gewässers und der für die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers maßgeblichen Uferbereiche sowie der Schutz des Grundwassers verstanden." Auch in das Wasserbautenförderungsgesetz wurde durch eine entsprechende Novelle im Jahr 1994 dieser Terminus eingeführt. Somit wurde die "ökologische Funktionsfähigkeit" zu einem zentralen Begriff für die Beschreibung und Beurteilung von Gewässern.

Intensive Fachdiskussionen führten zur Entwicklung eines Untersuchungsschemas für die Erhebung und Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern (CHOVANEC et al., 1994a, 1997; MOOG, 1994; SCHMUTZ & WAIDBACHER, 1994; SPINDLER, 1997; MOOG & CHOVANEC, 1998). Dieser Ansatz wurde in die ÖNORM M 6232 "Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern" übernommen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT, 1997). Eine entsprechende Norm zur integrierten Bewertung stehender Gewässer ist in Ausarbeitung.

Trotz der breiten Palette im Rahmen integrierter Bewertungsverfahren theoretisch notwendiger Untersuchungsschritte, konzentriert sich der in Österreich für Fließgewässeruntersuchungen entwickelte Ansatz im Sinne der Praktikabilität und Nachvollziehbarkeit auf eine beschränkte Anzahl von Prüfgrößen, von denen die meisten mit bewährten Methoden evaluiert werden können:

- Gewässermorphologie und Vernetzung mit dem Umland,
- Hydrologie,
- physikalisch-chemische Parameter,
- Ökotoxizität,
- saprobiologische Gewässergüte,
- biozönotische Kriterien des Makrozoobenthos  
(z. B. Arteninventar, Abundanz, Dominanz, Längenzonation, funktionelle Freßgruppen)
- biozönotische Kriterien der Fischfauna  
(z. B. Arteninventar, Biomasse, Dominanz, Populationsaufbau).

Diese Größen gestatten es, die Situation des Gewässers zu beschreiben, sie decken ein breites Spektrum anthropogener Einflüsse ab und beziehen sich auch auf wesentliche Elemente der dadurch betroffenen Lebensgemeinschaften. Der Philosophie eines offenen Ansatzes entsprechend, ist es in Fällen, die einen abgeänderten Untersuchungsmodus sinnvoll erscheinen lassen, gestattet, einzelne Parameter nicht zu berücksichtigen bzw. neue in das Schema zu integrieren. Für die im Rahmen des Untersuchungsschemas durchgeführten Beurteilungen stellt die natürliche Ausprägung des betreffenden Gewässertyps die Bezugsgröße dar.

MUHAR (1996) legt die Umfeldbedingungen der gewachsenen Kulturlandschaft, wie sie etwa bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts gegeben waren, als Referenzzeitraum fest; eine Zeit, die noch vor der Errichtung der großen Kraftwerksketten und Regulierungsbauten liegt und aus der bereits detaillierte kartographische Darstellungen von heimischen Flußlandschaften existieren. Biozönotische Bewertungen sind am Artniveau ausgerichtet, da in der Regel nur auf dieser taxonomischen Ebene genügend präzise Information für bioindikative Zwecke abzuleiten sind (MOOG & CHOVANEC, 1998).

Durch eine integrative Gesamtschau der einzelnen Befunde wird das Ausmaß der Störung der ökologischen Funktionsfähigkeit in einem siebenstufigen Klassifikationsschema angegeben (Tab. 1). Die am schlechtesten beurteilten Einzelgrößen sowie die Befunde aus den biotischen Untersuchungen sind in der EndEinstufung in besonderem Maß zu berücksichtigen. Mittelwertbildungen und ähnliche Verfahren sind hiebei abzulehnen. Bei graphischen Darstellungen ist die Zuordnung entsprechender Signalfarben zu den einzelnen Stufen zu empfehlen (CHOVANEC et al., 1997; MOOG & CHOVANEC, 1998).

Tab. 1: *Bewertungsstufen der ökologischen Funktionsfähigkeit.*

Stufe	ökologische Funktionsfähigkeit
1	unbeeinträchtigt
1-2	geringfügig beeinträchtigt
2	mäßig beeinträchtigt
2-3	wesentlich beeinträchtigt
3	stark beeinträchtigt
3-4	sehr stark beeinträchtigt
4	nicht mehr gegeben

Für die Entscheidung, Störungen der ökologischen Funktionsfähigkeit in einem siebenstufigen Schema anzugeben, waren folgende Gründe ausschlaggebend: Der Begriff der "wesentlichen Beeinträchtigung der ökologischen Funktionsfähigkeit" ist im Wasserrechtsgesetz festgeschrieben und impliziert die Verwendung eines abgestuften Schemas; in der wasserwirtschaftlichen Praxis haben sich siebenstufige Skalierungen als gut handhabbar und nachvollziehbar erwiesen und Entscheidungsträger sind mit derartigen Abstufungen vertraut (z. B. saprobiologische Gewässergütekarte, Strukturgütekarte); bei Systemen mit weniger Klassen können geringfügige bzw. schrittweise Veränderungen oft nur schwer dokumentiert werden; bei mehreren der zu untersuchenden Prüfgrößen sind Bewertungen mittels siebenstufiger Schemata gängig bzw. neu entwickelt worden und können somit gut in den Gesamtansatz integriert werden (CHOVANEC et al., 1994; MOOG, 1994). Eine Anwendung erfuhr dieser Bewertungsansatz beispielsweise durch SPINDLER (1996).

Die in der ÖNORM M 6232 verankerte Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit stellt – im Sinne von FRIEDRICH (1998) – einen "bottom up-Ansatz" integrierter Gewässerbewertung dar, da Einzelergebnisse zu einer Gesamtbewertung verdichtet werden. Das besondere Augenmerk, das auf die Ergebnisse bioindikatorischer Verfahren innerhalb der integrativen Endklassifizierung gerichtet ist, verleiht diesem Schema auch Eigenschaften eines "top down-Ansatzes".

## 5 DIE WASSER-RAHMENRICHTLINIE DER EU

Im Entwurf der "Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik" ("EU Wasser-Rahmenrichtlinie") wird schwerpunktmäßig von einem "top down – Ansatz" ausgegangen: Der "ökologische Zustand" wird vorrangig durch biologische Elemente (aquatische Flora, Makroinvertebrata, Fische) bestimmt, hydro-morphologische und allgemeine chemisch-physikalische Größen werden unterstützend bzw. für die Definition unbeeinträchtigter Referenzzustände und für die Ursachenerhebung erhoben, wenn die Untersuchungen der aquatischen Lebensgemeinschaften Störungen, d. h. Abweichungen vom Referenzzustand, anzeigen. Die Zönose wird also als "hochintegrierendes Kriterium" (FRIEDRICH, 1998) angesehen, das allfällige Auswirkungen einer Vielzahl von Eingriffen am besten abbildet; Voraussetzung dafür ist der Einsatz sensibler bioindikatorischer Ansätze. Ziel der Wasser-Rahmenrichtlinie ist es, innerhalb eines bestimmten Zeitraumes den "guten ökologischen Zustand" in den Gewässern der EU zu erreichen. Daneben wird auch der chemische Zustand der Gewässer erhoben, der allfällige Belastungen mit gefährlichen Stoffen reflektiert.

Die Bewertung basiert auf dem Vergleich der aktuellen Gewässerbeschaffenheit mit einem gewässertypspezifischen natürlichen Referenzzustand. Die Erstellung einer umfassenden Gewässertypologie, in die u. a. das Konzept der Ökoregionen als grobe räumliche Differenzierungsebene einfließt (ILLIES, 1978; vgl. dazu auch OMERNIK, 1995), stellt daher eine wesentliche Grundlage für den Bewertungsvorgang dar. Seit Beginn der 90er Jahre spielen Methoden der Gewässertypisierung eine wesentliche Rolle in Österreichs Gewässerschutz, wobei bundesweit ausgerichtete Ansätze im Vordergrund stehen (z. B. MOOG & WIMMER, 1990; WIMMER & MOOG, 1994; MADER et al., 1996; MUHAR et al., 1998). Diese Arbeiten sind somit eine zentrale Voraussetzung für die zur Umsetzung der Wasser-Rahmenrichtlinie notwendige Gewässertypologie, die zur Zeit in Ausarbeitung ist.

Über die typspezifische Ausprägung biozönotischer, hydro-morphologischer und physikalisch-chemischer Kriterien sind die fünf Klassen (high – good – moderate – poor – bad) des ökologischen Zustandes zu beschreiben und entsprechende an der natürlichen Ausprägung des Typs ausgerichtete Referenzbedingungen zu definieren (vgl. dazu auch HUGHES, 1995). Diese Referenzbedingungen sind mit dem "sehr guten ökologischen Zustand" gleichzusetzen.

Bei strukturell stark veränderten Gewässern (durch Hochwasserschutz, Energiegewinnung, Schifffahrt) ist nicht der Naturzustand als Referenz heranzuziehen, sondern ein zu definierendes "maximales ökologisches Potential", das – entsprechend moderner wasserwirtschaftlicher Terminologie – mit dem Entwicklungsziel eines Gewässers gleichzusetzen ist (CHOVANEK et al., 1998b).

Sowohl der Ansatz zur Erhebung und Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit als auch jener zur Bewertung des ökologischen Zustandes sind sowohl auf lokaler Ebene (wasserrechtliches Bewilligungsverfahren, UVP, Beweissicherung), als auch auf regionaler bzw. über-regionaler Ebene (Landesmeßnetz, bundesweite oder europaweite Programme) anwendbar.

Auch im Rahmen des "Environmental Monitoring and Assessment Program" (EMAP) in den USA werden "Biological Response Indicators" als integrierendes Hauptkriterium herausgestrichen. Zeigen diese Indikatoren Abweichungen von Umweltzielen an, dient der Einsatz von "Pollutant Exposure Indicators" und "Habitat Condition Indicators" (die nicht notwendigerweise Bioindikatoren sein müssen) in erster Linie der Ursachenforschung (HUNSAKER, 1993; PAULSEN & LINTHURST, 1994).

## 6 BIOINDIKATION

Die Untersuchung aquatischer Lebensgemeinschaften nimmt innerhalb der integrierten Gewässerbewertung eine zentrale Position ein. Bioindikatorische Verfahren sind – einer groben Einteilung von BARBOUR et al. (1995) folgend – den nachstehenden Kategorien zuzuordnen, wobei Überschneidungen nicht zu vermeiden sind:

- Biozönose-orientierte Indikatorsysteme;
- Arten-orientierte Indikatorsysteme;
- Indikatorsysteme für die Bewertung des "Gesundheitszustandes" biologischer Objekte;
- Indikatorsysteme für biologische Prozesse.

Abhängig von der Fragestellung sind Methoden aus diesen Gruppen zu einem adäquaten Indikatorset zusammenzustellen. Voraussetzung für den Einsatz von Bioindikatoren ist die fundierte Kenntnis über Ökologie und Taxonomie der jeweiligen Arten. Hohe Aussagekraft als Indikator haben insbesondere Arten mit engen ökologischen Toleranzen.

**Biozönose-orientierte Indikatorsysteme:** z. B. Diversität, Abundanz, Dominanz, Verhältnis euryöker zu stenöken Arten; Auswertungen von Algenbiozönosen hinsichtlich Trophie, Auswertungen von Makrozoobenthoszönosen hinsichtlich Saprobie oder Längenzonation etc. Auch im Rahmen zahlreicher biozönotisch ausgerichteter Indikationsansätze ist der im Artniveau enthaltene Informationsgehalt hinsichtlich der ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten die wesentliche Grundlage (z. B. MOOG, 1995); hierbei sind beispielsweise auch wechselnde ökologische Ansprüche innerhalb der Ontogenese zu berücksichtigen (z. B. SCHIEMER & SPINDLER, 1989).

**Arten-orientierte Indikatorsysteme:** Die ökologischen Ansprüche und Funktionen von "Indikatorarten" lassen sich mit bestimmten Umweltfaktoren so eng korrelieren, daß sie als Zeiger dafür verwendet werden können. Die Untersuchung sgn. "keystone species" (Schlüsselarten) ist ein wesentlicher Ansatz innerhalb Arten-orientierter Verfahren: Das Vorkommen von solchen Arten stellt eine wesentliche Voraussetzung für Prozesse innerhalb des gesamten Ökosystems dar. An "umbrella species" (Schirmarten) oder "Zielarten" ausgerichtete Schutz- oder Sanierungsmaßnahmen sollen sich auch positiv auf andere Arten des Systems auswirken, über deren ökologische Ansprüche allerdings weniger bekannt ist. "Flagship species" sind Arten mit hoher Öffentlichkeitswirksamkeit, die als Symbole umfassender Schutzprogramme eingesetzt werden und auch die Funktion von Schirmarten haben können (z. B. Biber, Lachs, Äsche, Huchen, Flußperlmuschel, Libellen; vgl. dazu NOSS, 1990; NEW, 1993).

**Indikatorsysteme für den "Gesundheitszustand" biologischer Objekte:** Methoden aus diesem Bereich konzentrieren sich vorwiegend auf Aspekte der Toxizität und umfassen u. a. Akkumulationsindikation, histo-pathologische und biochemisch-physiologische Verfahren sowie Veränderungen von Verhaltensparametern, wie z. B. Schwimmverhalten. In diesen Bereich fallen auch dynamische Testsysteme, die auch im Sinne der Frühwarnindikation eine wesentliche Rolle spielen (CHOVANEK et al., 1994b; GRILLITSCH & CHOVANEK, 1995; HOFER & LACKNER, 1995; WACHS, 1998).

**Indikatorsysteme für biologische Prozesse:** Beispielhaft seien angeführt: Indikatoren zur Beschreibung der Trophienentwicklung (Nährstoffe, Algenbiomasse, Chlorophyll-a), trophische Interaktionen, funktionelle Freßgruppen, Anteil von räuberischen Arten in der Zönose, saprobiologische Fragestellungen. Insbesondere in diesem Bereich gibt es Überschneidungen mit Biozönose-orientierten Fragestellungen.

Im Zusammenhang mit Fragen der Nachhaltigkeit haben sich Verfahren der Bioindikation verstärkt an strukturellen und funktionellen Aspekten von Ökosystemen auszurichten. Problembereichen wie fehlende hydrologische Dynamik, Habitatfragmentierung und Populationsisolation ist mit entsprechenden Ansätzen zur Bewertung von Konnektivität, Biodiversität, Me-

tapopulationen u. ä. zu begegnen. Nicht zuletzt durch die Notwendigkeit der Entwicklung überregional ausgerichteter Konzepte bzw. Untersuchungsdesigns ist der Dialog zwischen verschiedenen limnologischen Disziplinen aber auch zwischen Limnologie und Umweltpolitik, Raumplanung und Landschaftsökologie sowie sämtlichen Nutzern (z. B. Wasserbau, Energiewirtschaft) von Gewässern gefordert.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewertung der im österreichischen Wasserrechtsgesetz und Wasserbautenförderungsgesetz festgeschriebenen ökologischen Funktionsfähigkeit entsprechend der ÖNORM M 6232 und die Bewertung des ökologischen und des chemischen Zustandes entsprechend dem Entwurf der Wasser-Rahmenrichtlinie der EU werden im vorliegenden Beitrag als lokal, regional und überregional anwendbare Indikatoren der nachhaltigen Nutzung von Gewässern präsentiert. Innerhalb dieser integrierten Bewertungsansätze spielen Verfahren der Bioindikation eine tragende Rolle, da anthropogene Einflüsse in ihrer Vielfältigkeit direkt auf die aquatischen Lebensgemeinschaften einwirken und diese daher mögliche Auswirkungen am besten abbilden.

Die für die Gesamtbewertung notwendige Aggregation von Einzelergebnissen ist bei beiden Ansätzen transparent; die für die Interpretation des Gesamtbefundes und die für die Planung und Erfolgskontrolle von Maßnahmen notwendigen Detailinformationen sind aus den Einzelbefunden nachvollziehbar zu extrahieren.

Bewertungsprozesse beruhen auf dem Vergleich des aktuellen Status quo mit einem gewässertypspezifischen, natürlichen oder naturnahen Referenzzustand (Leitbild). Der Anwendungsbereich des Indikators "integrierte Gewässerbewertung" ergibt sich aus der Natur des Bewertungsvorganges und allfälliger darauf basierender Maßnahmen und erstreckt sich auf die Erstellung von Gewässertypologien und Leitbildern, auf den Bewertungsprozeß, auf die Formulierung von Sanierungszielen und die Überprüfung deren Erreichung.

Der Einsatz biozönotischer Verfahren erfordert engen Bezug zur limnologischen Forschung, um die Aussagekraft eingesetzter Indikatoren zu schärfen bzw. zu hinterfragen und um neue Indikatoren entwickeln zu können.

## 8 LITERATUR

- BARBOUR, M. T.; J. B. STRIBLING & J. R. KARR (1995): Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. In: DAVIS, W. S. & T. P. SIMON (Eds.): Biological assessment and criteria – Tools for water resource planning and decision making. Lewis Publishers, Boca Raton: 63-77.
- BMLF (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT) (1996): Gewässerschutzbericht 1996. Wien.
- CAIRNS, J.; P. V. MCCORMICK & B. R. NIEDERLEHNER (1993): A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia* 263: 1-44.
- CHOVANEK, A. (in Druck): Dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of the ecological integrity of aquatic systems – a new assessment approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- CHOVANEK, A.; H. HEGER; V. KOLLER-KREIMEL; O. MOOG; T. SPINDLER & H. WAIDBACHER (1994a): Anforderungen an die Erhebung und Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern – eine Diskussionsgrundlage. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft* 46: 257-264.

- CHOVANEC, A.; W. R. VOGEL; G. LORBEER; A. HANUS-ILLNAR & P. SEIF (1994b): Chlorinated organic compounds, PAHs, and heavy metals in sediments and aquatic mosses of two upper Austrian rivers. *Chemosphere* 29 (9-11): 2117-2133.
- CHOVANEC, A.; O. MOOG & V. KOLLER-KREIMEL (1997): Integrierte ökologische Bewertung – eine Vision? Stand der Diskussion in Österreich. In: LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER/WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): *Lebensraum Gewässer – nachhaltiger Gewässerschutz im 21. Jahrhundert. Beiträge des Int. Symposiums, 28.-29. Nov. 1996, Heidelberg*: 66-75.
- CHOVANEC, A.; J. GRATH & M. KRALIK (1998a): Definitionen zum Thema Umweltindikatoren. Manuskript, unveröff.
- CHOVANEC, A.; U. GOLDSCHMID & R. WIMMER (1998b): Monitoring der Besiedlung und ökologischen Entwicklung neugeschaffener Uferstrukturen auf der Donauinsel. In: MAGISTRATS-ABTEILUNG 45/DONAUKRAFT (Hrsg.): *Stauraum Wien – Wasserwirtschaft und Ökologie. Symposium am 16./17. September 1998, Wien*: 147-161.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) (1995): *Europe's Environment – The Dobbris Assessment*. Copenhagen.
- FRIEDRICH, G. (1998): Integrierte Bewertung der Fließgewässer – Möglichkeiten und Grenzen. In: BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT – INST. F. WASSERFORSCHUNG (Hrsg.): *Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 51, München*: 35-56.
- FRIEDRICH, G. & J. LACOMBE (Hrsg.) (1992): *Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Limnologie aktuell, Vol. 3*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- GRILLITSCH, B. & A. CHOVANEC (1995): Heavy metals and pesticides in anuran spawn and tadpoles, water and sediments. *Toxicological and Environmental Chemistry* 50: 131-155.
- HALBWACHS, G & U. ARNDT (1992): Möglichkeiten und Grenzen der Bioindikation. In: VDI-Berichte 901, Düsseldorf: 7-15.
- HAMMOND, A.; A. ADRIAANSE; E. RODENBURG; D. BRYANT & R. WOODWARD (1995): *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. World Resources Institute, Washington, D.C., USA.
- HOFER, R. & R. LACKNER (1995): *Fischtoxikologie. Theorie und Praxis*. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.
- HUGHES, R. M. (1995): Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. In: DAVIS, W. S. & T. P. SIMON (Eds.): *Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publishers, Boca Raton: 31-47.
- HUNSAKER, C. (1993): New concepts in environmental monitoring: the question of indicators. *The Science of the Total Environment, Supplement 1993*: 77-95.
- ILLIES, J., 1978. *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer, Stuttgart, New York; Swets & Zeitlinger B. V., Amsterdam.
- KARR, J. R. (1991): Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1: 66-84.
- KESTING, D. (1997): Nachhaltiger Gewässerschutz – Verantwortung für die Länder. In: LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER/WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): *Lebensraum Gewässer – nachhaltiger Gewässerschutz im 21. Jahrhundert. Beiträge des Int. Symposiums, 28.-29. Nov. 1996, Heidelberg*: 109-114.
- MADER, H.; T. STEIDL & R. WIMMER (1996): *Abflußregime österreichischer Fließgewässer. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 82, Wien*.
- MAUCH, E. (1990): Ein Verfahren zur gesamtökologischen Bewertung der Gewässer. *Wasser + Boden* 11/1990: 763-767.
- MOOG, O. (1994): Ökologische Funktionsfähigkeit des aquatischen Lebensraumes. *Wiener Mitteilungen, Band 120*: 15-59.

- MOOG, O. (Hrsg.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung Mai/95. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- MOOG, O. & R. WIMMER (1990): Grundlagen zur typologischen Charakteristik österreichischer Fließgewässer. Wasser und Abwasser 34: 55-211.
- MOOG, O. & A. CHOVANEC (1998): Die "ökologische Funktionsfähigkeit" – ein Ansatz der integrierten Gewässerbewertung in Österreich. In: BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT – INST. F. WASSERFORSCHUNG (Hrsg.): Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 51, München: 57-118.
- MUHAR, S. (1996): Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern auf Basis typspezifischer Abiotik und Biotik. Wasserwirtschaft 86: 238-242.
- MUHAR, S.; M. KAINZ; M. KAUFMANN & M. SCHWARZ (1998): Erhebung und Bilanzierung flußtypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 50: 119-127.
- NEW, T. (1993): Angels on a pin: dimensions of the crisis in invertebrate conservation. Amer. Zool. 33: 623-630.
- NOSS, R. F. (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4 (4): 355-364.
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) (1994): Environmental indicators. OECD core set. Paris.
- OMERNIK, J. M. (1995): Ecoregions: a spatial framework for environmental management. In: DAVIS, W. S. & T. P. SIMON (Eds.): Biological assessment and criteria – Tools for water resource planning and decision making. Lewis Publishers, Boca Raton: 49-62.
- ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG (1995): Nationaler Umwelt Plan. Bundesministerium für Umwelt, Wien.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (1997): ÖNORM M 6232: Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern. Wien.
- PAULSEN, S. G. & R. A. LINTHURST (1994): Biological monitoring in the environmental monitoring and assessment program. In: LOEB, S. L. & A. SPACIE (Eds.): Biological monitoring of aquatic systems. Lewis Publishers, Boca Raton: 297-322.
- RAPPORT, D. J. (1992): Evolution of indicators of ecosystem health. In: MCKENZIE, D. H.; D. E. HYATT & V. J. MCDONALD (Eds.): Ecological Indicators, Vol. 1. Elsevier Applied Science, London, New York: 121-134.
- REGIER, H. A. (1992): Indicators of ecosystem integrity. In: MCKENZIE, D. H.; D. E. HYATT & V. J. MCDONALD (Eds.): Ecological Indicators, Vol. 1. Elsevier Applied Science, London, New York: 183-200.
- SCHIEMER, F. & T. SPINDLER (1989): Endangered fish species of the Danube river in Austria. Regulated Rivers: Research & Management 4: 397-407.
- SCHIEMER, F.; T. SPINDLER; H. WINTERSBERGER; A. SCHNEIDER & A. CHOVANEC (1991): Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 2497-2500.
- SCHMUTZ, S. & H. WAIDBACHER, 1994. Definition und Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit im Rahmen von Gewässerbetreuungskonzepten. Wiener Mitteilungen, Band 120: 61-88.
- SCHNEIDER, E. D. (1992): Monitoring for ecological integrity: the state of the art. In: MCKENZIE, D. H.; D. E. HYATT & V. J. MCDONALD (Eds.): Ecological Indicators, Vol. 2. Elsevier Applied Science, London, New York: 1403-1419.
- SIMON, T. P. (1998): Modification of an index of biotic integrity and development of reference condition expectations for dunal, palustrine wetland fish communities along the southern shore of Lake Michigan. Aquatic Ecosystem Health and Management 1: 49-62.

- SPANGENBERG, J. H. & F. SCHMIDT-BLEEK (1995): Welche Indikatoren braucht eine nachhaltige Entwicklung? Wuppertal Paper 48, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal.
- SPINDLER, T. (1996): Ökologische Funktionsfähigkeit der Fließgewässer des Ill-Frutz-Schwemmfächers. Vorarlberger Naturschau, Band 2: 39-82.
- SPINDLER, T. (1997): Fischfauna in Österreich. Ökologie – Gefährdung – Bioindikation – Fischerei – Gesetzgebung. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 87, Wien.
- TOWNSEND, C. (1996): Concepts in river ecology: pattern and process in the catchment hierarchy. Arch. Hydrobiol Suppl. 113, Large Rivers 10: 3-21.
- UN (UNITED NATIONS) (1992): Report of the Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, June 3-14, 1992, New York.
- WACHS, B., 1998. Ökobewertung der Schwermetallbelastung von Fließgewässern mittels Pflanzen- und Zoobenthon-Arten. In: BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT – INST. F. WASSERFORSCHUNG (Hrsg.): Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 51, München: 534-585.
- WALZ, R. (1997): Grundlagen für ein nationales Umweltindikatorensystem – Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Umweltbundesamt, Texte 37/97, Berlin.
- WARD, J. V. (1998): A running water perspective of ecotones, boundaries, and connectivity. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 1165-1168.
- WCED (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT) (1987): Our Common Future. Oxford University Press, Oxford.
- WIMMER, R. & O. MOOG (1994): Flußordnungszahlen österreichischer Fließgewässer. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 51, Wien.
- YODER, C. O. & E. T. RANKIN (1995): Biological criteria program development and implementation in Ohio. In: DAVIS, W. S. & T. P. SIMON (Eds.): Biological assessment and criteria – Tools for water resource planning and decision making. Lewis Publishers, Boca Raton: 109-144.

# **GRUNDWASSERQUALITÄT – DARSTELLUNGEN DES ZUSTANDES ALS INDIKATOR FÜR EINE NACHHALTIGE NUTZUNG**

**Johannes Grath**  
Umweltbundesamt

## **1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG**

Die Qualität des Grundwassers hat in der öffentlichen Diskussion von Umweltthemen in Österreich einen sehr hohen Stellenwert. Dieser resultiert nicht zuletzt daraus, daß Grundwasser die Grundlage für die Trinkwasserversorgung in Österreich darstellt. Mehr als 99 % des Trinkwassers wird aus Grundwasser gewonnen, davon je etwa 50 % aus den Porengrundwasservorkommen in den Tal- und Beckenlagen und etwa 50 % aus den Karst- und Kluffundwasservorkommen (meist Quellen).

Grundwasser kann durch vielfältige Nutzungen und Einflüsse in seiner Qualität beeinträchtigt werden. Um eine umfassende Bestandsaufnahme zu gewährleisten und um Maßnahmen für die Verbesserung der Qualität abzuleiten, wurde im Jahr 1991 basierend auf der Wassergüte-Erhebungsverordnung (BGBl. 338/91), ein umfangreiches Monitoringprogramm für die österreichischen Grundwasservorkommen gestartet. Diese Untersuchungen stellen eine ausgezeichnete Grundlage für Auswertungen und Bewertungen dar, da nach einheitlichen Methoden und definiertem Untersuchungsumfang systematisch vorgegangen wird (WWK/UBA, 1997).

Die "Nachhaltige Entwicklung" versucht, ein Gleichgewicht zwischen den fundamentalen gesellschaftspolitischen Zielsetzungen, der Erhaltung des sozialen Friedens, der Sicherung wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit und der langfristigen Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen zu erzielen (ÖSTERR. BUNDESREGIERUNG, 1995). Diese Definition findet naturgemäß auch in der Umweltpolitik und in den österreichischen Umweltgesetzen ihren Niederschlag.

Abb. 1 soll die Wechselwirkungen zwischen Nutzern, sozialer und ökonomischer Entwicklung, (Umwelt)Politik und den Gewässern als Teil der Umwelt aufzeigen. Aus der Notwendigkeit, Maßzahlen für die Beurteilung der Auswirkungen von Maßnahmen und Handlungen zu haben, leitet sich die Grundlage für den Bedarf von Nachhaltigkeitsindikatoren ab.

Da die Fragestellung des Workshops lautet, den Zustand als Indikator für eine nachhaltige Nutzung darzustellen, wird für die Bewertung nicht ein natürlicher, vom Menschen unbeeinflusster Zustand herangezogen, sondern es werden die gesetzlichen Vorgaben der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/91 und 213/97) angewendet, die eine Beeinflussung des Grundwassers durch verschiedene Nutzungen zulassen. Mögliche Formen der Darstellung dieser Ergebnisse als Indikator werden präsentiert. Diese Indikatoren sollen sowohl über den Ist-Zustand als auch über die zeitliche Entwicklung Auskunft geben.

Da viele Umweltfragen nur auf internationaler Ebene gelöst werden können, ist es erforderlich, auch die europäischen Vorgaben und Ziele betreffend den Zustand und die Entwicklung der Grundwasserqualität zu berücksichtigen. Gegenwärtig wird auf EU-Ebene der Entwurf der sogenannten Wasser-Rahmenrichtlinie diskutiert. Diese Richtlinie beinhaltet Vorgaben für die Erhebung, Auswertung und Darstellung der Ergebnisse für den Zustand der Grundwasserqualität. An ausgewählten Beispielen sollen diese Vorgaben dargestellt und anschließend mit den österreichischen Kriterien verglichen werden.

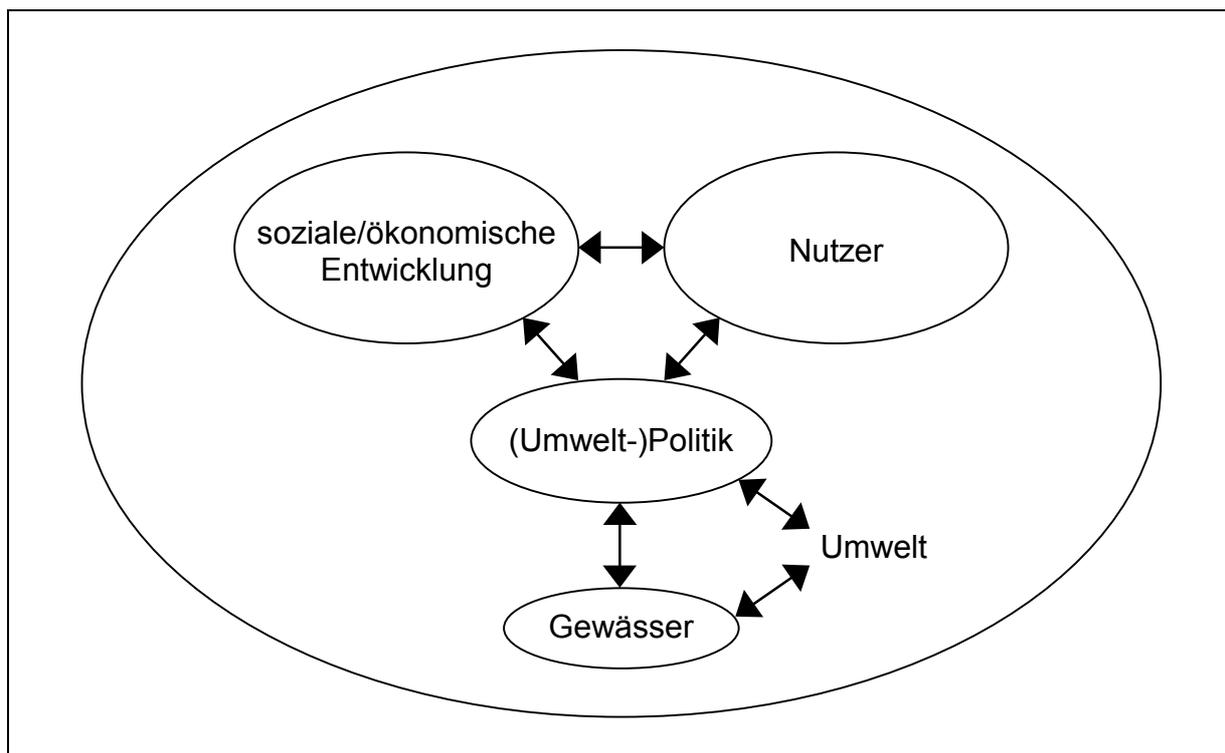


Abb. 1: Grundlage für die Notwendigkeit von Nachhaltigkeitsindikatoren

## 2 VORGABEN DER GRUNDWASSERSCHWELLENWERT-VERORDNUNG (GSWV) UND DER WASSER-RAHMENRICHTLINIE (WRRL)

### 2.1 Grundwasserschwellenwertverordnung

Die Grundlage für diese Verordnung ist im Wasserrechtsgesetz 1959 i.d.g.F. (WRG) im § 33 f gegeben. Dort heißt es in Absatz 1: "Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft hat mit Verordnung für solche Stoffe, durch die Grundwasser für Zwecke der Wasserversorgung (§30 Abs. 1) untauglich zu werden droht oder die das Grundwasser so nachhaltig beeinflussen können, daß die Wiederherstellung geordneter Grundwasserverhältnisse nur mit erheblichem Aufwand oder über einen längeren Zeitraum möglich ist, Schwellenwerte festzusetzen." In Absatz 2 folgt dann: "Werden in einem Grundwassergebiet nach Abs.1 festgelegte Schwellenwerte nicht nur vorübergehend überschritten, hat der Landeshauptmann mit Verordnung den betreffenden Bereich als Grundwassersanierungsgebiet zu bezeichnen. ..."

Die Details über die Erhebung der Grundwasserbeschaffenheit und über die Auswertekriterien sind in der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/91 und 213/97) festgelegt. Die Schwellenwerte sind in der Regel 60 % des entsprechenden Trinkwasser-Grenzwertes. Insgesamt sind in der Schwellenwertverordnung 34 Schwellenwerte festgelegt und darüber hinaus noch: "Ein allfällig im Grundwasser bei Untersuchungen flächenhaft vorgefundener, in Anlage A nicht enthaltener Inhaltsstoff gemäß der Trinkwasser-Pestizidverordnung, BGBl. Nr. 448/1991, ist im Einzelfall zu bewerten. Dabei hat zu gelten, daß der Schwellenwert eines solchen Grundwasserinhaltsstoffes mit 60 % des ihm zugehörigen Trinkwassergrenzwertes gemäß der Trinkwasser-Pestizidverordnung BGBl. 448/1991 anzusetzen ist. Sofern das 0,6-fache

des Trinkwassergrenzwertes kleiner oder gleich 0,0001 mg/l ist, gilt 0,0001 als Schwellenwert. Liegt der Trinkwassergrenzwert unter 0,0001 mg/l, dann gilt er auch als Schwellenwert."

Für die Auswertung der Ergebnisse ist eine Beobachtungsdauer von zwei Jahren mit in der Regel acht Beobachtungen erforderlich. Die Beschaffenheit der Grundwasserqualität bei einer Meßstelle gilt als gefährdet, wenn im Beurteilungszeitraum mehr als 25 % der Meßwerte den zugehörigen Schwellenwert überschreiten. Ein Grundwassergebiet ist als Sanierungsgebiet zu bezeichnen, wenn bei mindestens 25 % der Meßstellen die Beschaffenheit des Grundwassers als gefährdet einzustufen ist.

## 2.2 Wasser-Rahmenrichtlinie

Im Art. 4, Abs. 1 b) der Wasser-Rahmenrichtlinie (Entwurf 9710/98 vom 26.6.98) sind die Umweltziele für Grundwasser festgelegt:

"Vermeidung einer Verschlechterung des Zustands des Grundwassers, Sanierung der Grundwasserkörper und Gewährleistung eines guten Gleichgewichts zwischen Grundwasserentnahme und -anreicherung mit dem Ziel, entsprechend den Bestimmungen des Anhangs V spätestens 6 Jahre nach Festlegung des Maßnahmenprogrammes einen guten Zustand des Grundwassers in allen Grundwasserkörpern zu erreichen und – vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 3 sowie der Anwendung der Absätze 4,5 und 6 – Umkehrung aller signifikanten und anhaltenden Trends einer Steigerung der Konzentration von Schadstoffen aufgrund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten". In den oben angeführten Absätzen sind zwar verschiedene Ausnahmeregelungen für einzelne Fristen bzw. auch für weniger strenge Umweltziele enthalten, aber grundsätzlich sollte das oben zitierte Ziel für Grundwasser gelten.

In Anhang V, Abschnitt 2.4. "Überwachung des chemischen Zustands des Grundwassers" sind, wie oben bereits erwähnt, nähere Festlegungen betreffend Grundwasserüberwachungsnetz, Auswahl der Überwachungsstellen und der Parameter sowie der Ermittlung der Trends bei Schadstoffen und der Interpretation und Darstellung des chemischen Zustands des Grundwassers (Abschnitt 2.4.5) enthalten. (Abschnitt 2.4.4: "... Die Trendberechnung wird für einen Grundwasserkörper oder gegebenenfalls eine Gruppe von Grundwasserkörpern durchgeführt. ...")

"Bei der Beurteilung des Zustandes werden die Ergebnisse der einzelnen Überwachungsstellen eines Grundwasserkörpers für diesen Grundwasserkörper als Ganzes zusammengerechnet. Unbeschadet der einschlägigen Richtlinien gilt im Hinblick auf diejenigen chemischen Parameter, für die im Gemeinschaftsrecht Umweltqualitätsnormen festgelegt sind, ein guter Zustand eines Grundwasserkörpers als erreicht, wenn

- der Durchschnittswert der Ergebnisse der Überwachung an jeder Stelle des Grundwasserkörpers oder der Gruppe von Grundwasserkörpern berechnet wird und
- der Durchschnittswert dieser Berechnungen für alle Überwachungsstellen des Grundwasserkörpers oder der Gruppe von Grundwasserkörpern nachweislich die Umweltqualitätsnormen in der in der einschlägigen Richtlinie beschriebenen Weise erfüllen."

In der Wasser-Rahmenrichtlinie gibt es keine dezidierte Festlegung von Grenzwerten für einzelne Parameter. Es wird auf "Umweltqualitätsnormen" verwiesen. Darunter fallen jedenfalls die "Richtlinie des Rates zum Schutz vor Verunreinigung aus landwirtschaftlichen Quellen" (91/676/EWG) und die "Richtlinie des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln" (91/414/EWG). Aus diesen Richtlinien sind Zielwerte für Nitrat (50 mg/l) und für Pestizide (0,1 µg/l) ableitbar. Die "Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch" (80/778/EWG bzw. 98/83/EG) dürfte nach derzeitigem Wissensstand nicht als "Umweltqualitätsnorm" gelten. Das bedeutet, daß konkrete Zielvorgaben nur für die oben genannten Parameter (Nitrat und Pestizide) gegeben sind.

### 3 VERGLEICH DER KRITERIEN

Nachfolgend wird am Beispiel Nitrat ausgeführt, welche Ergebnisse unter Berücksichtigung der beiden Kriterien erhalten werden.

In Abb. 2 wurde der Mittelwert für Nitrat je Grundwassergebiet dem prozentuellen Anteil der Meßstellen, die eine Konzentration über 50 mg Nitrat je Liter aufweisen, gegenübergestellt. Dabei wurden einerseits Daten aus der Wassergüteerhebung in Österreich (WGEV) und andererseits Daten von insgesamt 33 Grundwasserkörpern aus 10 europäischen Ländern (EU) herangezogen. Der Vergleich dieser Ergebnisse zeigt, daß das Verhältnis von Nitrat-Mittelwert zu Prozentsatz der Meßstellen mit Mittelwerten über 50 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  für die beiden unterschiedlichen Datensätze sehr ähnlich ist. Dies wird durch die Charakteristik der beiden Regressionsgeraden deutlich unterstrichen.

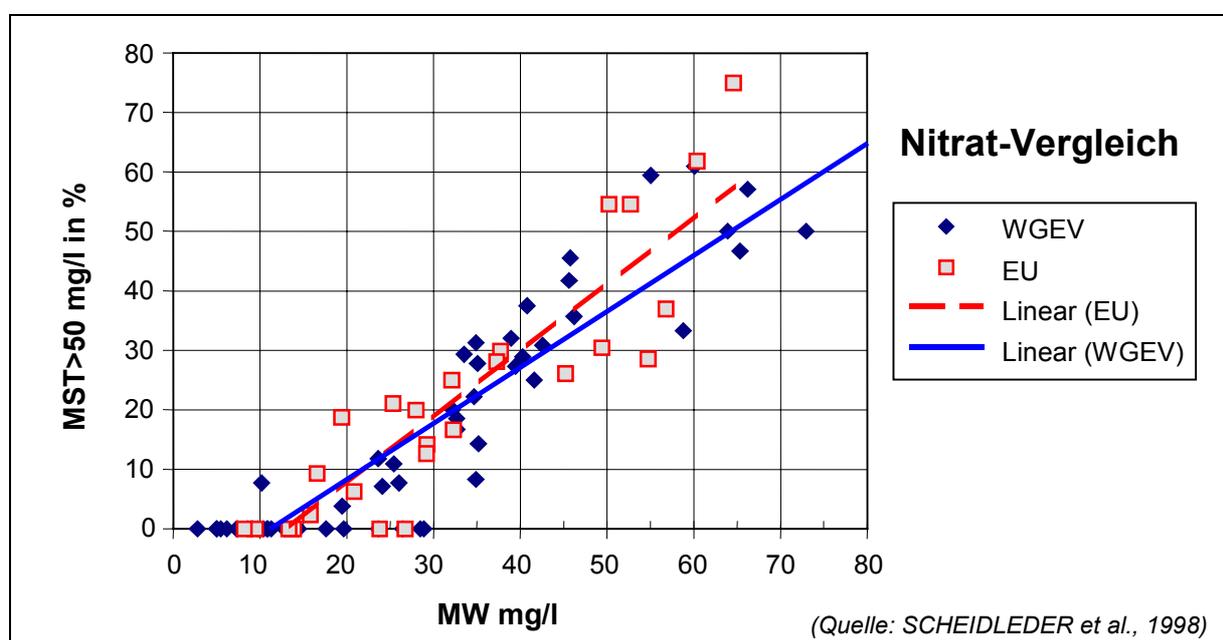


Abb. 2: Nitrat-Mittelwerte für Grundwassergebiete in Österreich (WGEV) und in 10 Ländern Europas (EU) gegenüber dem Anteil der Meßstellen mit Nitrat-Werten größer 50 mg/l.

Mit dieser Auswertung kann man näherungsweise den Unterschied zwischen den Auswertungskriterien der GSwV und der WRRL abschätzen. Da für die Daten aus den anderen Ländern die Überschreitungen des 45 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  Wertes (entspr. GSwV) nicht verfügbar waren, wurde einheitlich 50 mg/l verwendet. Orientiert man sich an den beiden Regressionsgeraden, so erhält man bei einem Mittelwert von 50 mg Nitrat/l einen Anteil von etwa 40 % der Meßstellen, die im Gebiet diesen Wert überschreiten. Nimmt man andererseits das Kriterium der GSwV von 25 % Überschreitungen der Meßstellen (vereinfacht: MW je Meßstelle und Grenzwert anstatt Schwellenwert), so ergibt sich eine Konzentration von etwa 36 bis 38 mg Nitrat/l als Mittelwert. Diese Darstellung zeigt – wie auch von den festgelegten Kriterien zu erwarten ist –, daß der österreichische Ansatz dem Ziel der langfristigen Sicherung der Grundwasserqualität für die Nutzung als Trinkwasser besser gerecht wird, als der Ansatz in der WRRL.

(Anmerkung: für Österreich wurden nur die als "zusammenhängende Porengrundwasservorkommen" bezeichneten Gebiete in die Auswertung einbezogen.)

In Tab. 1 werden die entsprechend GSwV für Nitrat potentiell gefährdeten Grundwassergebiete aufgelistet. In der Spalte "Nitrat WRRL" ist durch ein X gekennzeichnet, für welche Gebiete auch nach den Kriterien der WRRL Handlungsbedarf bestehen würde.

Tab. 1: Potentiell für Nitrat gefährdete Grundwassergebiete nach den Kriterien der Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV) und der Wasser-Rahmenrichtlinie (WRRL) (nach PHILIPPITSCH, 1999, verändert)

Grundwassergebiet	Anzahl der MST	Fläche in km <sup>2</sup>	Nitrat GSwV	Nitrat WRRL	Fläche in km <sup>2</sup>
<b>BURGENLAND</b>					
3130 Wulkatal	9	454,02	X	X	454,02
2880 Heideboden	7	113,06	X		
3090 Parndorfer Platte	7	253,92	X	X	253,92
3180 Seewinkel	24	442,57	X	X	442,57
3252 Ikvatal-2	9	138,83	X	X	138,83
3340 Stremtal	6	50,15	X		
<b>KÄRNTEN</b>					
4370 Krappfeld	15	37,34	X		
4390 Unteres Gurktal	12	32,8	X		
4410 Zollfeld	11	28,57	X		
4430 Altes Gurktal	8	39,58	X		
<b>NIEDERÖSTERREICH</b>					
1730 Unteres Ennstal	9	48,88	X		
1850 Ybbstal-Urtal	21	124,34	X		
1900 Pielachtal	11	51,34	X		
2000 Nördl. Tullner Feld	32	345,32	X		
2010 Horner Becken	8	85,82	X	X	85,82
2020 Göllersbach	8	39,15	X	X	39,15
2050 Südl. Tullner Feld	31	239,93	X		
2240 Marchfeld	45	869,55	X	X	869,55
2750 Zayatal	8	34,17	X	X	34,17
2502 Südl. Wiener Becken – 2	42	547,69	X		
<b>OBERÖSTERREICH</b>					
0960 Südl. Eferdinger Becken	21	76,91	X		
1220 Welser Heide	34	194,23	X		
1260 Traun-Enns-Platte	25	918,25	X		
1730 Unteres Ennstal	7	52,98	X		
1770 Nördliches Machland	16	110,63	X		
<b>STEIERMARK</b>					
3400 Feistritztal	12	66,21	X		
3800 Grazer Feld	38	160,37	X		
3900 Leibnitzer Feld	28	92,48	X		
3930 Sulmtal	12	21,39	X		
4000 Unteres Murtal	24	175,06	X		

<b>WIEN</b>					
2240 Marchfeld	32	148,5	X	X	148,5
2500 Südliches Wiener Becken	14	169,64	X	X	169,64
<b>SUMME</b>	<b>586</b>	<b>6163,68</b>	<b>32</b>	<b>10</b>	<b>2636,17</b>

Die Beurteilung der Grundwasserqualität in einem Grundwassergebiet auf Grund von nur einem Parameter oder eines sehr eingeschränkten Parameterumfanges ist problematisch. Das veranschaulichen die nachfolgenden Darstellungen für Nitrat und Ammonium in einem Grundwassergebiet in den Niederlanden. Die Auswertungen zeigen, daß nur bei wenigen Meßstellen der Grenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub>/l überschritten wird, die Maximalwerte allerdings sehr hoch sind. Die (auf Grund der Verteilung der Werte statistisch an sich unzulässige) Mittelwertbildung ergibt eine Größenordnung von etwa 10 bis 20 mg NO<sub>3</sub>/l.

Die qualitativen Probleme in diesem Grundwassergebiet werden aber durch die Ammoniumwerte offensichtlich. Das 50 %-Perzentil und auch der Mittelwert überschreiten den Grenzwert für Trinkwasser von 0,5 mg/l deutlich. Diese Ergebnisse zeigen einmal mehr, daß die Beurteilung der Grundwasserqualität nicht allein auf die Nitratwerte beschränkt werden darf.

Während durch die österreichische Grundwasserschwellenwertverordnung alle wesentlichen Parameter abgedeckt werden, dürfte dies für die Kriterien der WRRL nach derzeitigem Wissensstand nicht gegeben sein.

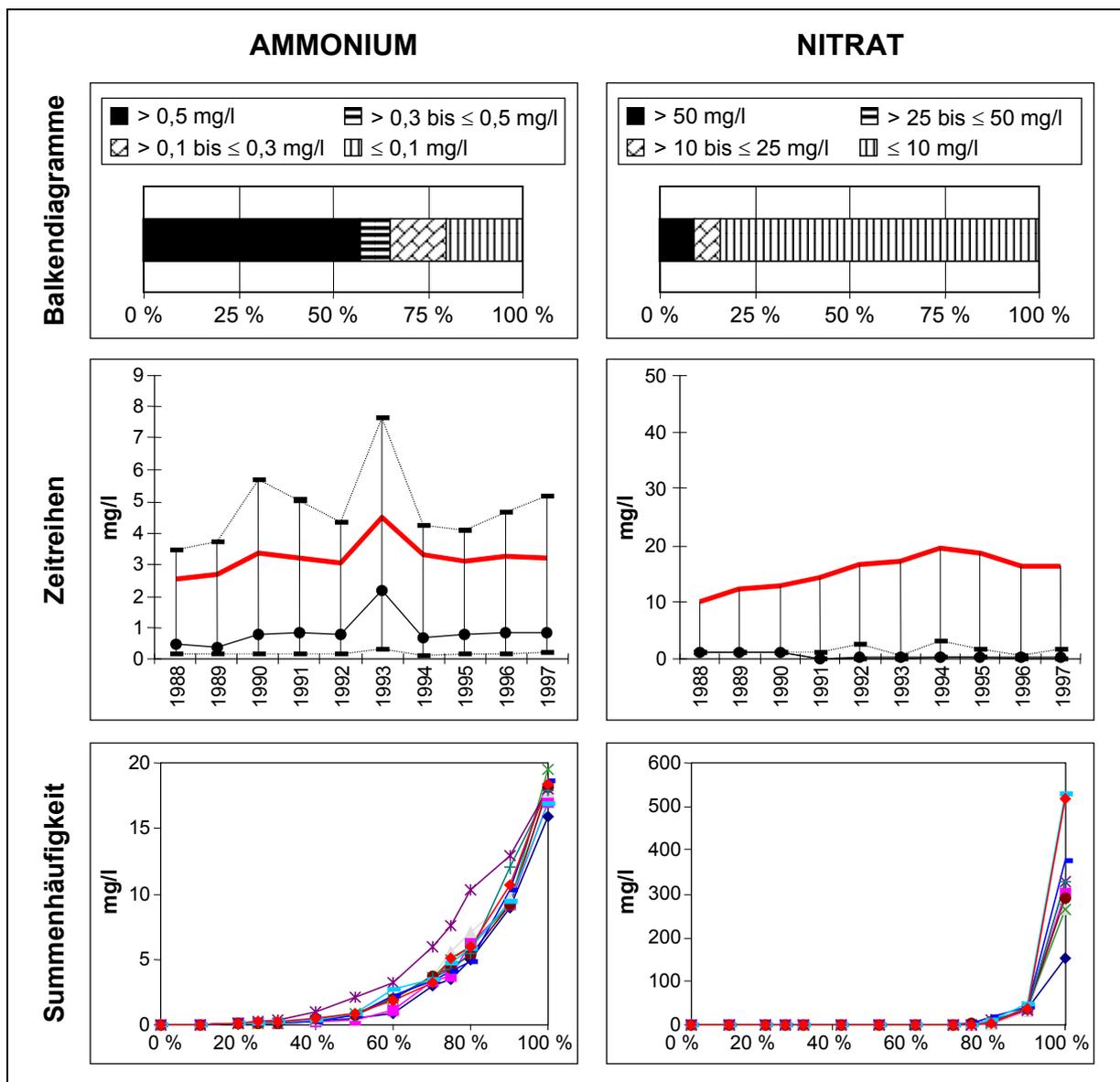


Abb. 3: Nitrat und Ammonium in einem Grundwasserkörper in den Niederlanden  
(Quelle: SCHEIDLEDER et al. 1998).

#### 4 VORSCHLAG FÜR INDIKATOREN "ZUSTAND DER GRUNDWASSERQUALITÄT"

Basierend auf den obigen Ausführungen werden folgende Indikatoren für die Darstellung des Zustandes der Grundwasserqualität vorgeschlagen:

- 1. IST-Zustand:** Tabelle für die einzelnen Grundwassergebiete mit je einer Spalte für die Auswertung nach GSwV- und WRRL-Kriterien. In diese beiden Spalten kommt die Information, ob die Grundwasserqualität den Kriterien genügt oder nicht. Weiters kann diese Information in Form einer Karte dargestellt werden.

Für die einzelnen Grundwassergebiete soll die Darstellung des Zustandes sowohl unter Anwendung der Kriterien der Grundwasserschwellenwertverordnung als auch der Wasser-Rahmenrichtlinie erfolgen. Dabei sollen die Auswertungen für alle relevanten Qualitätsparameter der GSwV durchgeführt und die WRRL-Kriterien mit Trinkwassergrenzwerten der EU angewendet werden. Dies soll eine umfassende Bewertung des Zustandes der unter-

suchten Grundwassergebiete sowohl für nationale als auch internationale Belange ermöglichen.

Werden für ein Grundwassergebiet für alle Parameter die Kriterien erfüllt, so kann man im Sinne der WRRL von einem "guten chemischen Zustand" des Grundwassers sprechen. Handlungsbedarf besteht, wenn für ein Grundwassergebiet bei mindestens einem Parameter die Kriterien nicht erfüllt werden.

Je nach Erfordernis läßt sich neben diesen aggregierten Darstellungen schrittweise eine detailliertere Präsentation der Ergebnisse ausarbeiten, da ja die zugrunde liegenden Daten vorhanden sind.

**2. Zeitliche Entwicklung (Trend):** Information zu jedem Grundwassergebiet, ob eine statistisch signifikante Verschlechterung oder Verbesserung für einen Grundwasserinhaltsstoff auftritt.

Nach Erarbeitung der entsprechenden Kriterien für die Trend-Auswertungen, wie sie in der WRRL enthalten sind, wäre dies eine wertvolle Ergänzung, um einer Verschlechterung der Grundwasserqualität bereits vor der Überschreitung von Grenzwerten durch Maßnahmen entgegenwirken zu können. Allerdings müssen dazu noch Festlegungen für die statistische Berechnung, den Beurteilungszeitraum und die Kriterien für die Bestimmung einer "Trendumkehr" diskutiert werden.

## 5 LITERATUR

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. 338/91: Wassergüte-Erhebungsverordnung – WGEV.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. 502/91: Grundwasserschwelienwertverordnung – GSwV.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. 213/97: Abänderung der Grundwasserschwelienwertverordnung.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. 448/91: Trinkwasser-Pestizidverordnung.

Österreichische Bundesregierung (1995): Nationaler Umweltplan.

PHILIPPITSCH R. (1999): Auswertung der Analysedaten nach den Kriterien der Grundwasserschwelienwertverordnung, in: Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 1998; Hrsg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (in Vorbereitung).

Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Richtlinie 80/778/EWG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

Richtlinie 91/414/EWG des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln.

SCHEIDLER, A.; GRATH, J.; GÖTZ, B.; KRALIK, M.; WEBER, K. (1998): Pilot Implementation European Groundwater, State of groundwater in selected groundwater bodies with reference to nitrogen (second draft, 23. October 1998) European Topic Centre on Inland Waters under contract to the European Environment Agency.

WWK/UBA (1997): Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 1996; Hrsg. Bundesministerium für Land.

# **QUELLWASSER ALS UMWELTINDIKATOR FÜR DIE NACHHALTIGE NUTZUNG DES ALPINEN RAUMES**

**Martin Kralik**  
Umweltbundesamt

## **1 EINLEITUNG**

Das Ziel durch Einsatz von Umweltindikatoren Informationen über Zustand und Entwicklung der Umwelt gestrafft an eine große Bevölkerungsgruppe und an politische Entscheidungsträger weiterzugeben, ist auch in Österreich ein Bestreben mit steigender Tendenz (OECD, 1994; GERHOLD & PETROVIC, 1997; BJORKE, 1997; CHOVANEC & KOLLER-KREIMEL, 1999). Der Begriff des Umweltindikators wurde von CHOVANEC & KOLLER-KREIMEL (1999) eingehend diskutiert (vgl. auch Beitrag von Chovanec & Koller-Kreimel in diesem Tagungsband).

Die ökologische Evolution förderte eine Adaption der Pflanzen- und Tierwelt sowie letztendlich der Menschen an die natürlich – geologischen Verhältnisse auf der Erde. Daher gibt es eine weitestgehende Anpassung der Biosphäre und des Menschen an die gegebenen Gehalte an Spurenstoffen im Wasser und in der Nahrung über hunderttausende von Jahren. Niederschläge lösen im Kontakt mit natürlichen Gesteinen in Abhängigkeit von der Geologie geringe Anteile an Spurenstoffen. Erhebliche Überschreitungen dieser natürlich vorkommenden Konzentrationen und Hinzufügung von organischen Mikroschadstoffen durch menschliche Aktivitäten, können zu erheblichen physiologischen Störungen bis hin zum Absterben von vielen Organismenarten führen.

In Beckenlagen mit erheblicher Besiedlungsdichte und vielfacher menschlicher Aktivitäten ist das Grundwasser im ersten darunterliegenden Grundwasserhorizont meist erheblich verändert. Seine natürlich – geogene Zusammensetzung ist vielfach gar nicht oder nur mit sehr viel Unsicherheiten rekonstruierbar. Das Wasser aus diesen Regionen kann daher nur mehr mit toxikologisch oder ökotoxigologischen Grenzwerten, die die Obergrenze der zumutbaren Konzentrationen darstellen, geschützt werden.

Andere Lebensräume sind relativ dünn oder gar nicht besiedelt und werden aus verschiedensten Gründen nur sehr eingeschränkt industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten ausgesetzt wie z. B. die Alpen. In diesen Regionen muß es das Bestreben sein, im Sinne einer nachhaltigen moderaten Nutzung, die Wasserzusammensetzung in einem von den geologischen Verhältnissen abhängigen natürlichen Zustand zu belassen oder in einer geringfügig veränderten Zusammensetzung zu bewahren, die durch eine nachhaltige menschliche Nutzung bedingt ist.

Überdies tritt das Grundwasser im alpinen Bergland in den meisten Fällen natürlich als Quellen zu Tage und wird unmittelbar ins Oberflächenwasser übergeführt. Im Sinne der Rahmenrichtlinie sind Grundwasserkörper, die mit Oberflächenwasser in dynamischer Verbindung stehen, besonders zu beschreiben, da sie die ökologische und chemische Qualität der Oberflächenwasser erheblich beeinflussen können (EUROPÄISCHE UNION, 1998). Die Quellwässer müssen daher auch den geforderten Qualitätsansprüchen für Oberflächenwasser (guter Qualität) im Sinne der europäischen Rahmenrichtlinie entsprechen.

Aus dem Bewußtsein heraus, daß die Alpen einer der größten zusammenhängenden Naturräume Europas sind, in dem wirtschaftliche und touristische Interessen mit den ökologischen Erfordernissen in Einklang gebracht werden müssen, wurde die Alpenkonvention 1995 (BGBL, Nr. 477/1995) von Österreich bzw. von Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Slowenien und der EU zum Schutz der Alpen unterzeichnet.

Zur Unterstützung der Ziele der Konvention wurde im Forschungszentrum der Europäischen Gemeinschaft in Ispra (Italien) ein Alpenbeobachtungszentrum eingerichtet. Dieses hat die Aufgabe Umweltindikatoren zu entwickeln, die die Umweltsituation in diesem Spannungsfeld zwischen totalem Naturschutz (Gewässerschutz) und extensiver wirtschaftlich – touristischer Nutzung anzeigen sollen. Für den Wasserkreislauf wurden neunzehn mögliche Umweltparameter oder -indikatoren (KRALIK et al., 1998) zusammengestellt und an graphischen Beispielen erläutert. Die potentiellen Indikatoren wurden nach dem Schema Belastungen – Zustand – Maßnahmen gruppiert und reichen vom Niederschlag und der Wasserentnahme bis zur Abwasserreinigung.

Zusätzlich wurde in einem internationalen Symposium im Jahre 1998 festgestellt, daß der Wasserhaushalt der Alpen trotz günstiger Rahmenbedingungen sehr viel stärker gefährdet ist als vielfach angenommen wird (MEERKAMP van EMBDEN, 1998). Stauseekonstruktionen, Flußregulierungsprojekte, Straßenbauarbeiten, touristische Nutzungen etc. haben dazu geführt, daß sich nur noch ein Bruchteil der Fließgewässer in einem halbwegs naturnahen Zustand befindet (MEERKAMP van EMBDEN, 1998). Das von der europäischen Kommission vorgelegte und mehrfach überarbeitete Konzept einer qualitätsorientierten Wasserpolitik der Europäischen Gemeinschaft orientiert sich durchaus legitim an der Forderung einer „guten“ Wasserqualität (EUROPÄISCHE UNION, 1998). Diese Konzept ist als Zielvorstellung zu verstehen und als Orientierungshilfe bietet sich der je nach Standort und geochemischer Bodenbeschaffenheit durchaus unterschiedliche, „natürliche“ (d. h. vom Menschen unbelastete), „Urzustand“ eines Gewässers an (STALZER, 1998).

Ziel dieser Arbeit soll es sein, in Qualität und Quantität über die vorgeschlagenen Umweltindikatoren für Grundwässer, die besonders für Grundwassergebiete mit stark veränderten Grundwasserqualitäten gelten (GRATH, 1999), hinaus, Indikatoren für die Quellwasserqualität als Anzeiger für die nachhaltige Nutzung des alpinen Raumes vorzuschlagen.

## 2 GRUNDWASSER IN ALPINER UMGEBUNG

Die Alpen sind nicht nur durch ihre klimatische Differenzierung, ihr akzentuiertes Relief und ihr zum Teil starke touristische Nutzung ein hochsensibles Gebiet (ZECH, 1998). Auch die hydrologischen Verhältnisse sind von einer Dynamik, die den alpinen Gebieten eine Sonderstellung einräumen. Einige der hervorstechendsten Eigenschaften sind nicht nur die mit der Höhe zunehmenden Niederschläge (1.500-3.000 mm/a), sondern auch eine hohe Variabilität, die mit Abschirmung etc. zusammenhängt und mit den Verdunstungsraten umgekehrt proportional ist (LASSNIG, 1996). Ebenso sind in diesen Gebieten Starkregenereignisse (>20 mm/d) (FREI & SCHÄR, 1998) besonders häufig. Geringe oder fehlende Boden- bzw. Sedimentbedeckungen kombiniert mit steil stehenden Schichten und Störungszonen im Gestein erlauben entweder hohe Infiltrationsraten oder rasche Oberflächenabflüsse.

Nicht nur durch Karstschläuche und -höhlen sondern auch durch Block- und Kiesfächer wird Niederschlagswasser rasch zu Quellen geleitet, die in ihrer Schüttungsdynamik vom Versiegen bis zu vielen hunderten Liter pro Sekunde variieren können. Zusätzlich stellen die alpinen Grundwässer eine wichtige unterirdische Alimentationsquelle für viele Seen und Porengrundwasserleiter in Beckenlagen dar, die der Qualität der alpinen Grundwässer zusätzlich eine besondere Bedeutung zukommen lassen.

### 3 UMWELTINDIKATOREN FÜR DIE NACHHALTIGE NUTZUNG

Es ist klar, daß es durch den Ferntransport von Luftschadstoffen keine vollkommen naturbelassenen Wässer – selbst in den unbesiedelten Teilen dieser Erde wie in der Antarktis – mehr gibt, sofern man sehr alte vom Wasserkreislauf isolierte Wässer außer acht läßt. So kann man auch in den Alpen keine gänzlich von menschlichen Aktivitäten unveränderten Wasserqualitäten erwarten. Aufgrund der mittlerweile großen Zahl der Quellwasseranalysen der österreichischen Wassergütererhebung (KRALIK, 1999) und der langjährigen internationalen Erfahrung über den Wasserchemismus kann man davon ausgehen, daß 90 % der österreichischen alpinen Quellen geringfügig, hauptsächlich über die Niederschläge, veränderte Wässer aufweisen, die aber überwiegend vom Kontakt mit alpinen Böden und Gesteinen geprägt sind.

Daraus folgt, daß als Leitlinie keine gänzlich naturbelassenen Wässer, aber geringfügig veränderte Quellwässer angenommen werden dürfen. Diese „alpinen Hintergrundwerte“ in Abhängigkeit vom jeweiligen Boden- und Gesteinschemismus schließen auch eine moderate menschliche Nutzung ein.

Die Quantität alpiner Quellwässer ist durch Verbauungen, Stauwerke und Überleitstollen teilweise noch stärker beeinflusst. Über Veränderungen der Schüttungen der Quellen liegen erst vereinzelt langjährige Dokumentationen vor. Der Aufbau eines hydrographischen Quellmeßnetzes (VÖLKL, 1997) wird hoffentlich in absehbarer Zeit Aussagen über regionale Trends ermöglichen.

Um Belastungen durch menschliche Aktivitäten und eine Abweichung der Quellwasserqualität von seinem gegenwärtig natürlichen, geringfügig veränderten Zustand in Qualität und Quantität rechtzeitig aufzuzeigen und um Hinweise über den gesamten alpinen Lebensraum zu erhalten, werden folgende zwei Indikatoren vorgeschlagen:

Indikator	Fragestellung	Einheit	Erhebungshäufigkeit
1. Abweichung von einem natürlich-geogen bzw. nur geringfügig <sup>1</sup> anthropogen beeinflussten Zustand	<b>Quellwasserqualität</b> als Anzeiger für eine nachhaltige Nutzung des alpinen Raumes	% der Meßstellen	4 mal pro Jahr
2. Trend der Quellschüttung	Zustand der <b>Grundwasserquantität</b> (Quellen)	% der beobachteten Meßstellen	kontinuierlich oder >26 mal? im Jahr

<sup>1</sup> gehört noch definiert

#### 3.1 Quellwasserqualität

Ähnlich dem Vorschlag der Wasserrahmenrichtlinie (EUROPÄISCHE UNION, 1998) zur Einstufung und Darstellung des ökologischen Zustandes von Oberflächengewässern, soll die Bewertung der Quellwasserqualität in 5 Stufen von sehr gut bis schlecht erfolgen. Als sehr gute Quellwasserqualität wird der natürlich-geogene bzw. geringfügig anthropogen beeinflusste Zustand angesehen. Am anderen Ende der Skala wird als schlechter Zustand die Überschreitung der Grundwasserschwellenwerte (BGBL, Nr. 502/1991; Nr. 213/1997) bzw. der Trinkwassergrenzwerte (BGBL, Nr. 235/1998) angesehen. Die Abstufung dazwischen kann in Anlehnung an die Bewertung der Belastung von Sedimenten in Oberflächengewässern erfolgen, die auch von einem geogenen-natürlichen Hintergrund als Leitbild ausgeht (MÜLLER, 1979; KRALIK, 1999a). Die Obergrenzen der Einstufung werden vom natürlich-geogenen Gehalt ausgehend jeweils verdoppelt, bis der Grenzwert erreicht wird.

Eine solche Einstufung wurde für Nitrat und Blei in Tab. 1 vorgeschlagen. Sie geht von Hintergrundwerten aus, wie sie vielfach bei der Wassergütererhebung gemessen wurden und im Jahresbericht 1998 (KRALIK, 1999) und im Internet (<http://www.ubavie.gv.at/umweltsituation/wasser/jb1998>) per gemessenem Parameter dargestellt sind.

Es wäre auch eine dreistufige Darstellung

- (1) natürliche Gehalte,
- (2) Vorwarnstufe und
- (3) Grenzwertüberschreitung möglich.

Diese wäre einfacher und die Abstufung wäre leichter zu begründen. Doch sie würde weniger sensibel Trends und Abweichungen in Richtung eines anthropogen veränderten Grundwassers anzeigen.

Tab. 1: Vorschlag für die stufenweise Bewertung (Klassengrenzen) ausgewählter Parameter der Quellwasserqualität als Umweltindikatoren für die nachhaltige Nutzung des alpinen Raumes.

Einstufung des Chemischen Zustands	Farbkennung z. B.	NO <sub>3</sub>	Pb (mg/l)
Sehr gut (natürliche Gehalte)	blau	0- 6	0-0,001
Gut	grün	6-12	0,001-0,002
Relativ befriedigend	gelb	12-24	0,002-0,004
Unbefriedigend	orange	24-45 (50*)	0,004-0,030 (50*)
Schlecht (> Grenzwert)	rot	> 45 (50*)	> 0,030 (0,050*)

\* Trinkwassergrenzwert (BGBl Nr. 235/1998)

### 3.1.1 Bewertung der Quellwasserqualität auf österreichischer Ebene

Für Österreich ist im Rahmen der Gewässergütererhebung nur eine Qualitätsbewertung je untersuchter Quelle sinnvoll, da eine Interpolation oder Interpretation über 160-360 km<sup>2</sup> (KRALIK, 1999) per Meßstelle nicht haltbar wäre. Auch rechtfertigen klimatische und reliefbedingte Gründe und die dynamische Verbindung mit den Oberflächengewässern in dem besonders sensiblen und schützenswerten Alpenraum, einen differenzierteren und abgestuften „Vorwarnindikator“ für die Quellwasserqualität zur Erreichung der angestrebten Schutzziele des Alpenraumes (Abb. 1).

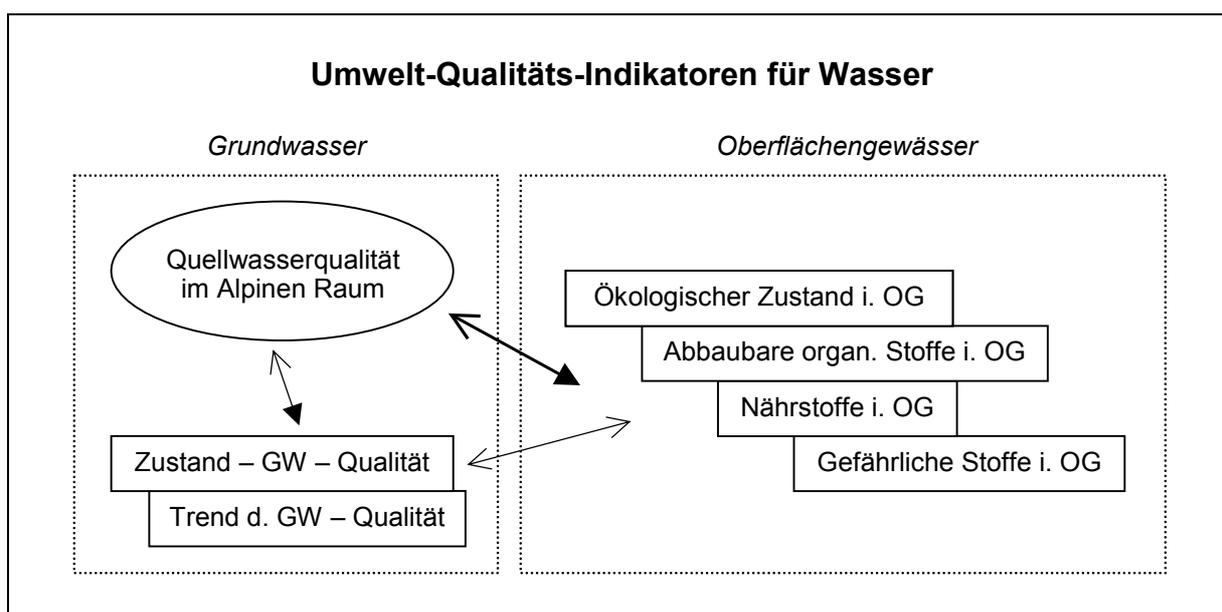


Abb. 1: Zusammenspiel der Umwelt-Qualitäts-Indikatoren für Grund- (GW) und Oberflächengewässer (OG).

Auch wenn es auf europäischer Ebene für den guten qualitativen Zustand im Sinne der Rahmenrichtlinie noch nicht ausdiskutiert ist, ob über die Nitrat-Direktive (91/676/EWG) und Pesticid-Direktive (91/414/EWG) hinaus auch die Direktive für die Trinkwasserqualität (98/83/EG) heranzuziehen ist, besteht für den Alpenraum kein Zweifel, daß das Grundwasser in seiner ökologischen Funktionsfähigkeit bewahrt werden muß und darüber hinaus als Ressource für Trinkwasser herangezogen wird. Daher ist es schlüssig, die österreichischen Grundwasserschwelldwerte (BGBL Nr. 502/1991 u. Nr. 213/1997) und die Trinkwassergrenzwerte (BGBL Nr. 235/1998) als Qualitätskriterium heranzuziehen.

Die genaue Definition einer geringfügigen Veränderung des natürlich-geogenen Zustandes von Quellwässern und der Algorithmus der Verknüpfung der einzelnen Qualitätsparameter zu einem Indikator muß, ähnlich wie bei der Darstellung des ökologischen Zustands in der Wasserrahmenrichtlinie, erst an geeigneten Testgebieten anhand vorhandener Daten vorgeschlagen und bewertet werden.

Jedoch nach den Mittelwerten der Nitrat- und Bleikonzentrationen der 239 Quellen der Wassergüteerhebung (KRALIK, 1999b) Österreichs sind gemäß dem Vorschlag der Tab. 1 ungefähr 90 % der Quellwässer unter einer sehr guten, natürlich-geogenen oder nur geringfügig veränderten Qualität einzustufen. Nur die Quellwasserqualität von 11 (27 Quellen für Pb) bis 15 % (37 Quellen für NO<sub>3</sub>) der Quellen kann gemäß Tab. 1 als gut bis unbefriedigend bewertet werden. Nur 4 % (1 Quelle) der Quellen ist gemäß dem Parameter Nitrat mit einer schlechten Quellwasserqualität zu belegen.

### 3.1.2 Bewertung der Quellwasserqualität auf europäischer Ebene

Auf europäischer Ebene ist es gerechtfertigt, größere Grundwasser- oder Einzugsgebiete zusammenzufassen und mit den von GRATH (1999) vorgeschlagenen Grundwasser Ist-Zustands- und Trend-Indikatoren (Abb. 1) statistisch zu bewerten, die auch für die erheblich veränderten Porengrundwässer in den dicht besiedelten Beckenlagen Anwendung finden. Dabei ist es unerheblich, daß zwischen den analysierten Punkten Quellen mit weniger oder stärker veränderten Wässern zu finden sind. Über größere Gebiete kann eine statistische Aussage mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit getroffen werden. Unabhängig, wie eine solche Bewertung im Detail aussieht, können zum gegenwärtigen Zeitpunkt alle Quellwassergebiete unter guter Qualität eingestuft werden.

## 3.2 Quellwasserquantität

Entsprechend dem Umweltindikator, der den Zustand der Grundwasserquantitäten in den Porengrundwässern der Beckenlagen aus dem Trend der Druckhöhen des Grundwassers erfaßt, soll auch bei den Quellen der Trend der Quellschüttungen den mengenmäßig guten Zustand belegen (EUROPÄISCHE UNION, 1998). Bei der Frequenz der Quantitätsmessungen soll im Idealfall von einer kontinuierlichen Messung in digitaler Form ausgegangen werden. Seit 1992 wird am Aufbau eines hydrographischen Quellmeßnetzes gearbeitet. 1997 waren österreichweit 45 Meßstellen in Betrieb (VÖLKL, 1998) und im Endausbau werden ungefähr 150 Quellen erfaßt sein.

Wie häufig bei einer diskontinuierlichen Messung die Quantität erfaßt werden muß, und wie die Trendberechnungen zu erfolgen haben, ist gegenwärtig Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen.

## 4 LITERATUR

- 91/414/EWG (1991): Richtlinie des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln.
- 91/676/EWG (1991): Richtlinie des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.
- 98/83/EG (1998): Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- BJORKE, A. (1997): The State of Environment in Norway 1997, adapted for Internet.  
<http://www.grida.no/prog/norway/soeno97/aboutsoe/aboutsoe.htm> (last changes 30 May 1997).
- BGBL (BUNDESGESETZBLATT), (1991): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend der Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe (Grundwasserschwellenwertverordnung – GSwV) Bundesgesetzblatt: Nr.502/1991; Wien.
- BGBL (BUNDESGESETZBLATT), (1995): Übereinkommen zum Schutz der Alpen (Alpenkonvention). Nr. 477, 6411-6415, Wien.
- BGBL (BUNDESGESETZBLATT), (1997): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, mit der die Grundwasserschwellenwertverordnung abgeändert wird. Bundesgesetzblatt: Nr.213/1997; Wien.
- BGBL (BUNDESGESETZBLATT), (1998): Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Bundesgesetzblatt Nr. 235/1998.
- CHOVANEK, A. & KOLLER-KREIMEL, V. (1999): Indikatoren einer nachhaltigen Nutzung von Oberflächengewässern. Beitrag in diesem Tagungsband, (Hrg.) Umweltbundesamt, Wien.
- EUROPÄISCHE UNION (1998): Geänderter Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Addendum zu Dokument 9265/98 ENV 258 PRO-COOP 91, 88 S., 980609 Brüssel.
- FREI, C. & SCHÄR, C. (1998): A precipitation climatology of the Alps from high resolution rain-gauge observations. *Int. J. Climatol.*, 18, 873-900, London.
- GERHOLD, S. & PETROVIC, B. (1997). Problemorientierte Umweltindikatoren – Aktualisierung bis 1996. *Statistische Nachrichten*, 12/1997, 1.041-1.052.
- GRATH, J. (1999): Grundwasserqualität – Darstellung des Zustandes als Indikator für eine nachhaltige Nutzung. Beitrag in diesem Tagungsband, (Hrg.) Umweltbundesamt, Wien.
- KRALIK, M. (1999a): A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Applied Geochemistry*, 1999, 1-10, Amsterdam.
- KRALIK, M. (1999b): Karst und Kluftgrundwasser. In: WWK/UBA (Wasserwirtschaftskataster/Umweltbundesamt) (Hrg): Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1998, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien (im Druck).  
<http://www.ubavie.gv.at/umwelt-situation/wasser/jb1998.htm>
- KRALIK, M.; WEBER, K.; BRUNNER, B.; GÖTTLE, A.; JAKOB, A.; LIECHTI, P.; OTTAVI, C.; TROCHERIE, F. & ZUPAN, M. (1998): Establishing of Environmental Indicators, Subtopic Water, for the Alpine Region within the Framework of the Alpine Observatory. Report R-156, 45 S., Umweltbundesamt, Wien.
- LASSNIG, M. (1996): Eckdaten der Wasserwirtschaft in Österreich. 178 S., Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Wien.
- MEERKAMP van EMBDEN I. C. & RITZINGER, H., (1999): Wasser: Flüssiges Gold der Alpen. Schriftenreihe Alpenforum 1, 62 S., St. Georgen ob Murau.
- MÜLLER, G. (1979) Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. *Umschau* 79, 778-783.
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT), (1996): OECD core set of environmental indicators, 19 S., OECD, Paris.

- Önorm B2400 (1986): Hydrologie: Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen. 33 S., Österr. Normungsinstitut, Wien.
- STALZER, W. (1999): Qualitätsorientierte Wasserpolitik: Was heißt das für den Alpenraum? In: MEERKAMP van EMBDEN I. C. & RITZINGER, H. (Hrg.): Wasser: Flüssiges Gold der Alpen., Schriftenreihe Alpenforum 1, 53-54, St. Georgen ob Murau.
- VÖLKL, G. (1998): Karstwasservorräte: Erhebung, Nutzung, Schutz. Aqua press (Sonderausgabe), S. 3, Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Wien.
- ZECH, S. (1998): Kriterienkatalog für ökologisch besonders sensible Gebiete. Schriftenreihe d. BMUJF, 27, 36 S, Bundesministerium f. Umwelt, Wien.

## 5 BEGRIFFE

- Grundwasser:** ist alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht (EUROPÄISCHE UNION 1998).
- Indikator:** *Parameter* oder von einem *Parameter* oder mehreren *Parametern* abgeleitete Größe, die Informationen zu bestimmten Fragestellungen liefert. (CHOVANEK & KOLLER-KREIMEL, 1999).
- Parameter:** Eigenschaft, die durch Messung, Beobachtung o. ä. erhoben wird (CHOVANEK & KOLLER-KREIMEL, 1999).
- Quelle:** ist eine räumlich eng begrenzte, natürliche Austrittsstelle von unterirdischem Wasser (ÖNORM B 2400).
- Umweltindikator:** *Parameter* oder von einem oder mehreren *Parametern* abgeleitete Größe, die Informationen über Zustand und/oder Entwicklungen der Umwelt liefert bzw. eine Bewertung ermöglicht (CHOVANEK & KOLLER-KREIMEL, 1999).

# VORSCHLAG FÜR ZWEI INDIKATOREN ZUR BESCHREIBUNG DER ABWASSEREMMISSIONEN

*Wilhelm R. Vogel*  
Umweltbundesamt

## 1 FRAGESTELLUNG

Aufgabe eines Indikators ist es, einer Zielgruppe (administrativen oder politischen Entscheidungsträgern, der Öffentlichkeit etc.) den Zustand bzw. die Entwicklung eines bestimmten Sachverhaltes anzuzeigen. Entscheidend für die Bewertung eines Indikators ist daher, über die von CHOVANEC in diesem Band zusammengestellten Bewertungskriterien hinaus, auch die Frage, ob der Indikator diesen Zusammenhang in einer für die Fragestellung der Zielgruppe adäquaten und für diese Gruppe verständlichen Weise beschreibt.

In unseren Fall geht es um die Frage: „wie groß sind die Abwasseremissionen?“. Es sollte ein Kennzahl, ein Indikator, gefunden werden, welcher die Größe der Abwasseremissionen zu charakterisieren vermag, und welcher damit einen Vergleich der Emissionen unterschiedlicher Branchen und unterschiedlicher Gebiete sowie das Erkennen von Veränderungen in der Zeit ermöglicht. Anders als bei den meisten anderen in diesem Band beschriebenen Wasserindikatoren handelt es sich dabei nicht um einen den Zustand der Umwelt beschreibenden „status-indicator“, sondern um einen „stress-indicator“ wie ihn die Europäische Umweltagentur (s. z. B. VOGEL & GRATH 1998) aber auch die OECD verwenden.

Als Minimalanforderungen bezüglich der Verständlichkeit kann angeführt werden, daß der Indikator den Repräsentanten der Zielgruppe anzeigen soll, ob die Emissionen bei einer Branche (in einem Land, in einem Flußgebiet) größer sind als in einer/einem anderen und, wesentlich wichtiger, ob die Emissionen in einer Branche (einem Land, einem Flußgebiet) größer oder kleiner werden. Wobei aus letzterem abgeleitet werden kann, ob sich die vielfach sehr kostenintensiven Maßnahmen des Gewässerschutzes (Gesetze, Verordnungen, technische Vorschriften etc.) als wirksam erweisen oder nicht.

Um die vorgeschlagenen Indikatoren zu testen, wurde, um nicht mit fiktiven Zahlen rechnen zu müssen, in der vorliegenden Arbeit auf aggregierte Daten aus dem Projekt „NAMEA-Wasser“ zurückgegriffen. Mit diesem Projekt wurde erstmals in Österreich versucht, Emissionen für sämtliche Branchen nach der NACE-Klassifikation der EU abzuschätzen.

## 2 DAS PROJEKT „NAMEA-WASSER“

Der österreichische Nationalrat forderte im Oktober 1996 den Bundeskanzler und die Bundesminister auf „... in Hinkunft weitere Maßnahmen zu setzten, um die zügige Erweiterung des Systems der traditionellen VGR für Österreich in umfassender und international akkordierter Weise um ein statistisches System zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Umwelt und Wirtschafts- und Sozialsystem im Sinne der Ökologisierung der VGR zu gewährleisten ...“

In der Folge wurde im Auftrag von EUROSTAT/ÖSTAT vom Umweltbundesamt zuerst die „NAMEA – Luft“ (AHAMER 1998) und später „NAMEA – Wasser“ (FÜRHACKER et al., in Vorbereitung) entwickelt. Die Abkürzung NAMEA steht für **N**ational **A**ccounting **M**atrix inclu-

ding **Environmental Accounts**). Ziel der „NAMEA- Wasser“ war es, den Wirtschafts- und Sozialindikatoren (BIP, Beschäftigtenzahlen etc.) auch die Mengen der durch die jeweilige Wirtschaftstätigkeit erzeugten Schadstoffe (Abwasserfrachten) gegenüberzustellen.

Zur Darstellung der Emissionen können verschiedene Indikatoren gebildet werden. Nachstehend werden drei Varianten vorgestellt und deren Vor- und Nachteile analysiert.

### **3 INDIKATOREN FÜR ABWASSEREMISSIONEN**

#### **3.1 Möglichkeit 1: Die Verwendung der Emissionswerte für die wichtigsten Stoffe und Stoffgruppen als Indikatoren**

Bei dieser Vorgangsweise werden ausgewählte (Leit-)Parameter direkt als Indikatoren eingesetzt. So könnte das Indikatorenset beispielsweise folgende Parameter umfassen:

- CSB (als häufig gemessener Kohlenstoffparameter),
- Phosphat (als Nährstoffparameter )
- Stickstoff (als Nährstoffparameter)
- AOX (als Summenparameter für chlororganische Belastungen)
- Blei (als ausgewähltes Schwermetall)
- Cadmium (als ausgewähltes Schwermetall)
- Quecksilber (als ausgewähltes Schwermetall)
- Chrom (als ausgewähltes Schwermetall)
- Nickel (als ausgewähltes Schwermetall)
- Kupfer (als ausgewähltes Schwermetall).

Die vorgeschlagenen Schwermetalle wurden ausgewählt, da diese in Bescheiden bzw. in den Abwasseremissionsverordnungen häufig begrenzt werden und damit eine relativ gute Datenlage vorliegt. Gegebenenfalls können weitere Schwermetalle oder Einzelsubstanzen hinzugefügt werden.

Diese Vorgangsweise hat den Vorteil, daß die tatsächlichen Verhältnisse optimal wiedergegeben werden. Ein großer Nachteil ist jedoch darin zu sehen, daß bei Angabe einer größeren Zahl von Parametern selbst die oben formulierte Minimalanforderung hinsichtlich der Verständlichkeit nicht erfüllt wird. Wird der Zustand der Emissionen mit beispielsweise 10 Parametern charakterisiert, so kann nur bei guter Kenntnis der ökotoxikologischen Relevanz der einzelnen Parameter abgeschätzt werden, ob eine etwaige Zunahme bei einem Stoff (einer Stoffgruppe) die Abnahme bei anderen Parametern aufwiegt. Anstelle einer einzigen Trenddarstellung wären jeweils der Trend für eine größere Zahl von Parametern darzustellen. Selbst die Frage ob es insgesamt „besser“ oder „schlechter“ wird, wäre bei einer derartigen Vorgangsweise für den Laien in vielen Fällen nicht erkennbar.

Das Problem der Verständlichkeit wäre dann optimal gelöst, wenn es eine einzige Kennzahl für „die Größe der Abwasseremissionen“ gäbe. Dies könnte mit der folgenden Vorgangsweise erreicht werden.

### 3.2 Möglichkeit 2: Errechnung einer einzigen Maßzahl für Emissionen durch Addition aller wesentlichen Emissionen nach vorheriger Gewichtung

Durch die Addition sämtlicher Emissionen läßt sie eine Maßzahl für die Gesamtemission errechnen, wobei aufgrund der unterschiedlichen ökotoxikologischen Relevanz der einzelnen Stoffe bzw. Stoffgruppen Gewichtungsfaktoren einzusetzen wären.

Als Gewichtungsfaktoren werden die der Berechnung der Abwasserabgabe in Deutschland zugrundegelegten Meßeinheiten vorgeschlagen (AbwAG, 1994), da diesen generelle, ökotoxikologische Überlegungen zugrunde liegen.

Nach dieser Vorgangsweise entspricht eine „Schadeinheit“ folgenden Frachten:

Schmutzfracht: .....	50 kg	CSB
Nährstoffe: .....	3 kg	Phosphor
	25 kg	Stickstoff
Chlororganische Verbindungen:.....	2 kg	AOX (berechnet als org. Chlor)
Schwermetalle: .....	0,02 kg	Quecksilber
	0,1 kg	Cadmium
	0,5 kg	Chrom
	0,5 kg	Nickel
	0,5 kg	Blei
	1 kg	Kupfer

Diese Rechenoperation führt zu einer Zahl, welche, in Schadstoffeinheiten, die Belastung durch das Abwasser zusammenfassend charakterisiert.

Diese Zahl ist auch für den Laien leicht verständlich. Abbildung 1 zeigt die nach diesem Verfahren zusammengefaßten Belastungen aus Abwasseremissionen (Jahresfrachten) der einzelnen Branchen (nähere Erläuterungen siehe FÜRHACKER et al., in Vorbereitung).

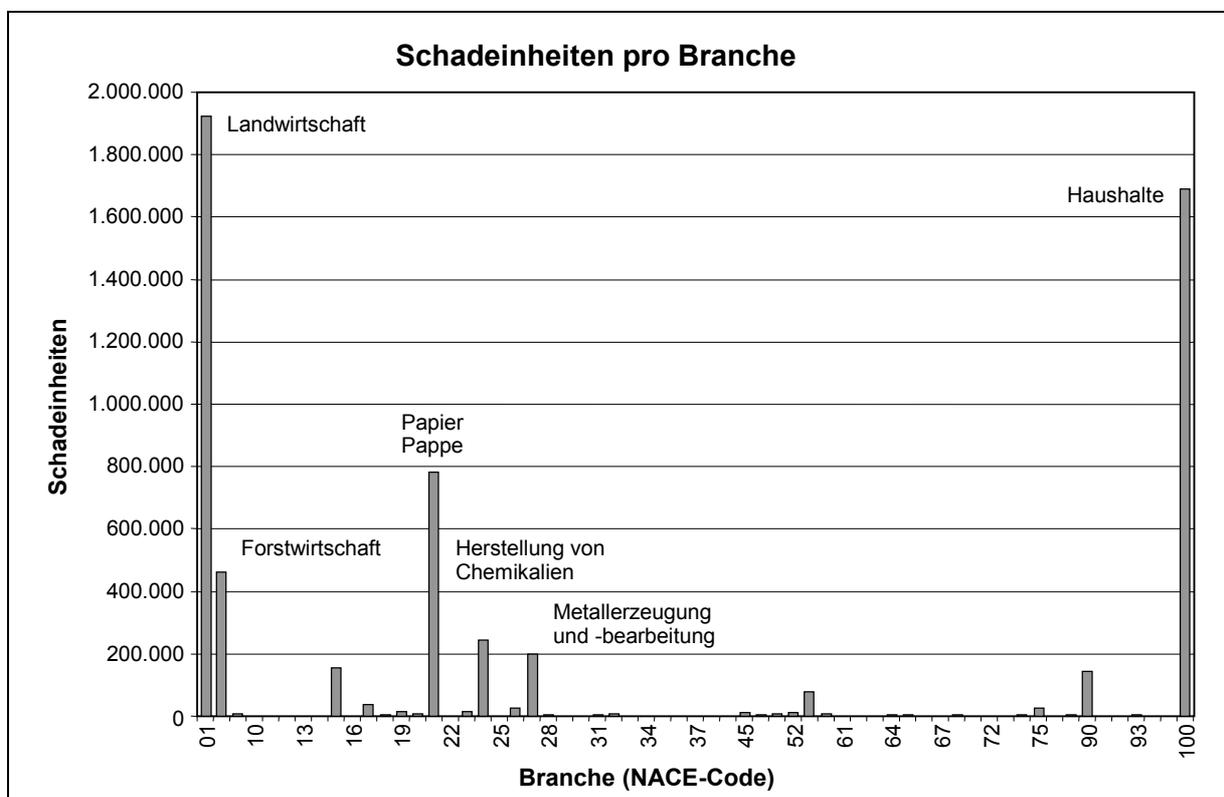


Abb. 1: Indikator „Belastung durch das Abwasser“ (Jahresfrachten).

Als Datenbasis wurden die oben angeführten Ergebnissen des „NAMEA-Wasser“ Projektes herangezogen.

Schnittstelle für die Berechnungen war der Übergang in das Gewässer, d. h. bei Indirekteinleitern wurden die Emissionsangaben um die bekannte oder um eine geschätzte Reinigungsleistung reduziert. Die Brancheneinteilung folgte den „NACE-Zweistellern“ (+ Haushalte). Für die jeweils wichtigsten Branchen wurden die Bezeichnungen in die Abbildung eingefügt.

Für diese Darstellungsform könnten die Daten auch nach Flußgebieten aggregiert oder für ganz Österreich zusammengefaßt werden. Ein Ländervergleich wäre durch Berechnung der Jahresfrachten pro Einwohner, pro Quadratkilometer Fläche oder, ökologisch aussagekräftiger, pro Kubikmeter Abfluß (vermindert um den Zufluß aus dem Ausland) möglich.

Der guten Verständlichkeit dieses Indikators steht der Nachteil des möglicherweise allzustarken Generalisierens gegenüber. So werden die Schmutz- und Nährstofffrachten mit den ökotoxikologisch völlig anders zu bewertenden und zumindest potentiell persistenten „gefährlichen Stoffen“ zusammengefaßt. Im folgenden Vorschlag wird daher versucht, diesen Nachteil zu umgehen.

### **3.3 Möglichkeit 3: Errechnung von zwei Maßzahlen, einem Indikator für „Schmutz- und Nährstoffe“ und einem Indikator für „gefährliche Stoffe“**

Durch Addition von CSB, Stickstoff und Phosphor entsprechend der unter Möglichkeit 2 angeführten Gewichtung lassen sich Schadeinheiten für „Schmutz- und Nährstofffrachten“ errechnen. Diesem Indikator können die Schadeinheiten für „gefährlichen Stoffe“, errechnet aus den gewichteten Frachten von AOX, Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei und Kupfer, gegenübergestellt werden. In Abbildung 2 und 3 werden beide Indikatoren anhand des Datenmaterials aus dem „NAMEA – Wasser“ Projekt vorgestellt. Die grundsätzliche Vorgangsweise bei der Datengenerierung wurde bereits weiter oben (Möglichkeit 2) beschrieben. Der Beitrag der einzelnen Parameter läßt sich bei diesen Abbildungen innerhalb der einzelnen Balken ablesen.

Vorteil dieser Vorgangsweise ist die leichte Verständlichkeit einerseits und die ökotoxikologische Relevanz der Indikatoren andererseits. Beide Indikatoren finden auf der Immissionsseite in der als Entwurf vorliegenden Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der EU ihre Entsprechung. Die Schmutz- und Nährstofffrachten finden ihren Niederschlag vorwiegend im „ökologischen Zustand“, die gefährlichen Stoffe vorwiegend im „chemischen Zustand“.

Eine Aggregation nach Flußgebieten, wie sie entsprechen der Forderung nach Flußgebietsbewirtschaftungsplänen in der WRRL naheliegend wäre, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht durchgeführt werden, wäre aber, eventuell auf Wasserführung oder auf die Fläche des Einzugsgebietes bezogen, eine sehr anschauliche Form der Darstellung.

Die unter Möglichkeit 3 beschriebene Vorgangsweise vereinigt die Vorteile von Möglichkeit 1 (Aussagekraft) und Möglichkeit 2 (einfache Verständlichkeit). Die vorgeschlagenen Indikatoren für „Schmutz und Nährstofffrachten“ sowie für „gefährliche Stoffe“ sollen daher bei der Erstellung von an die breite Öffentlichkeit oder an politische Entscheidungsträger gerichteten Informationen eingesetzt werden.

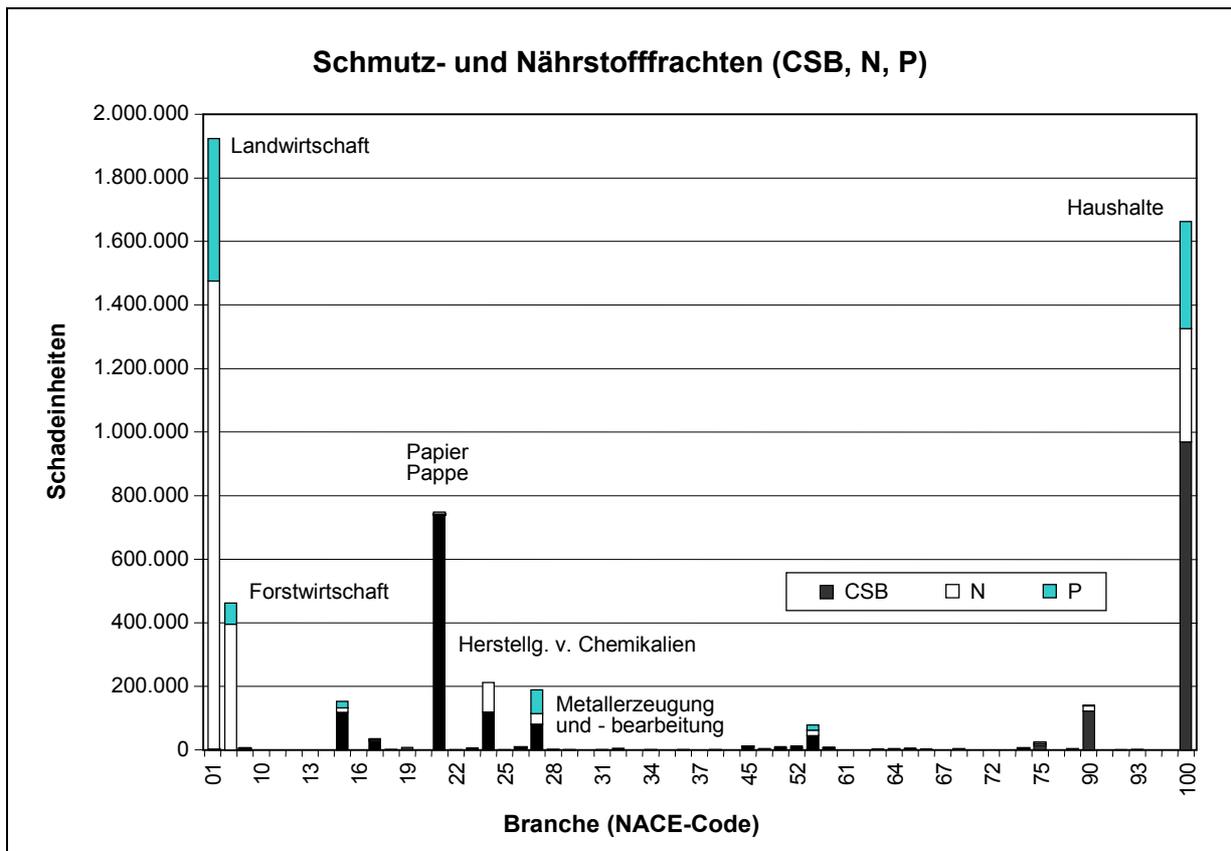


Abb. 2: Indikator „Schadeinheiten für Schmutz- und Nährstofffrachten“.

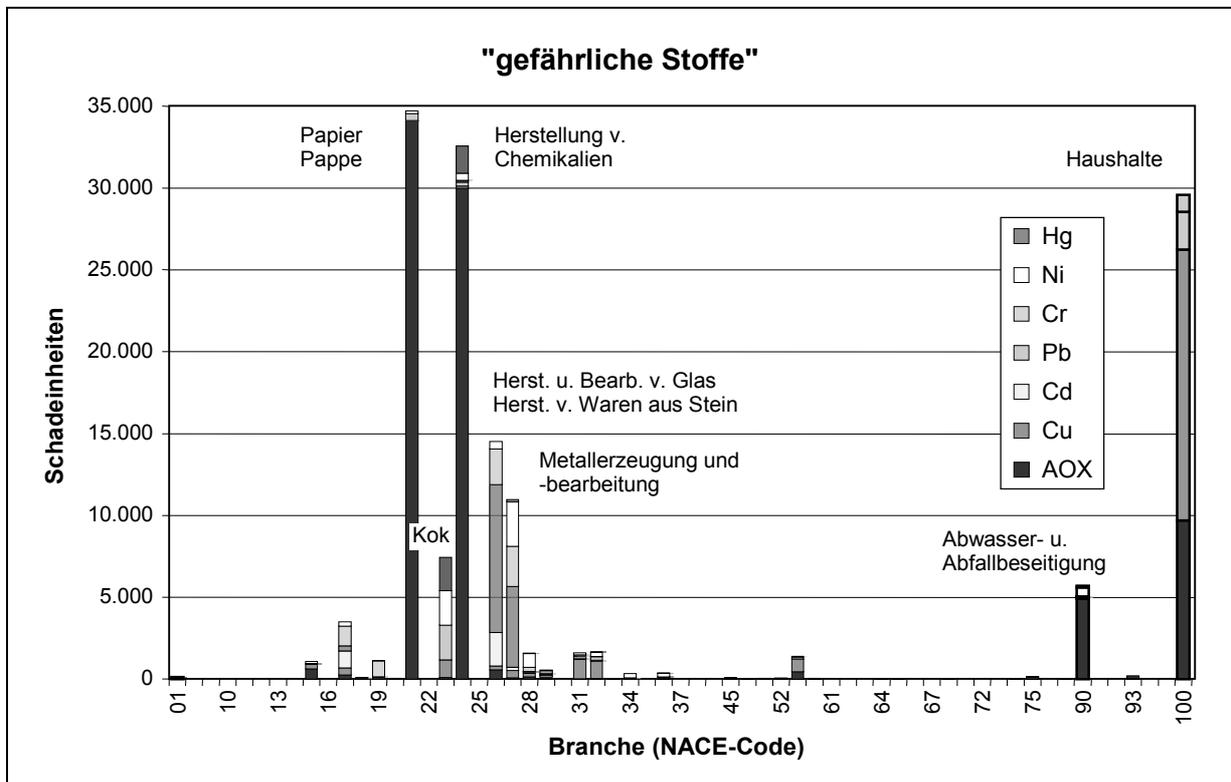


Abb. 3: Indikator „Schadeinheiten für gefährliche Stoffe“.

## 4 LITERATUR

AbwAG (1994): Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Neufassung vom 3. November 1994 ) – Deutschland

AHAMER, G.; J. HANAUER & M. E.WOLF (1998): Methodik der MAMEA Luftschadstoffe 1994, Arbeitsbehelf; Hrsg. Österreichisches Statistisches Zentralamt, Wien

CHOVANEK A.: siehe Beitrag in diesem Band

FÜRHACKER, M.; W. VOGEL; M. NAGY; M. HABERBAUER & M. RUPPERT (in Vorbereitung): NAMEA – Wasser, Monographie des Umweltbundesamtes, Wien

VOGEL W. & J. GRATH (1988): Groundwater in Europe – State and Trends in Quality and Quantity in: Hilding-Rydevik & Johansson (Hg.) How to Cope with Degrading Groundwater Quality in Europe. Stockholm

## **ARBEITSKREIS WASSER**

### **Diskussionsverlauf und -Ergebnismatrix**

**Moderator:** *Wilfried Schimon;*  
*Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. IV/A1*

**Teilnehmer:**

*Egon Bäumel (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabt. IIIa – Wasserwirtschaft);*  
*Ilse Entner (Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie);*  
*Erna Etlinger (Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Abt. I/6);*  
*Franz Feichtinger (Bundesamt für Wasserwirtschaft,*  
*Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt);*  
*Maria Fürhacker (Universität für Bodenkultur, Institut für Wasservorsorge);*  
*Michael Gann (Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie);*  
*Christine Gmeiner (Umweltbundesamt, Abt. Aquatische Ökologie);*  
*Johannes Grath (Umweltbundesamt, Abt. Aquatische Ökologie);*  
*Georg A. Janauer (Universität Wien/Biozentrum, Institut für Pflanzenphysiologie);*  
*Veronika Koller-Kreimel (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. IV A1);*  
*Martin Kralik (Umweltbundesamt, Abt. Aquatische Ökologie);*  
*Alfred Nadlinger (Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Wasserbau);*  
*Gisela Ofenböck (Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wassergüte);*  
*Wilfried Schimon (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, VI/A1);*  
*Wilhelm Vogel (Umweltbundesamt, Abt. Aquatische Ökologie);*  
*M. Elisabeth Wolf (Österr. Statistisches Zentralamt, Abt. 8/Umwelt).*

In kurzen Einführungsreferaten wurden die zentralen Begriffe "Indikator" und "Nachhaltigkeit" im Zusammenhang mit den Inhalten des Arbeitskreises Wasser kurz umrissen und definiert, um in den folgenden Diskussionen eine gemeinsame Basis zu haben. Überdies wurde vom Moderator eingangs zur Diskussion gestellt, für welchen Bereich/Zweck die Indikatoren (als Ergebnis des Workshops) verwendet werden sollen. Die Arbeitsgruppe einigte sich darauf, daß damit Aussagen auf verschiedenen Ebenen in Österreich möglich sein sollen, aber auch über Österreich hinaus im europäischen Rahmen.

Daran anschließend wurden als Block vier Impulsreferate zu folgenden Themen gehalten:

- Grundwasserqualität – Darstellungen des Zustandes als Indikator für eine nachhaltige Nutzung
- Umweltindikatoren für den Alpenraum
- Indikatoren einer nachhaltigen Nutzung von Oberflächengewässern
- Indikatoren für die Abwasseremissionen.

Details über diese Referate können den Beiträgen im vorliegenden Tagungsband entnommen werden.

Jede Präsentation endete mit einem konkreten Vorschlag für Indikatoren. An die Vorträge anschließend wurde kurz die Möglichkeit für Fragen zu den Referaten gegeben (eher technischer Natur).

Danach wurde vom Moderator zur Diskussion gestellt, ob nach Ansicht der Arbeitsgruppe die vorgeschlagenen Indikatoren als ausreichend angesehen werden, oder ob weitere Themenbereiche/Fragestellungen ergänzt werden sollten. Aus der Diskussion resultierte, daß ein Indikator betreffend Grundwasserquantität bzw. Wasservorräte für Österreich ergänzt werden sollte.

In der Folge wurde die Diskussion entsprechend den Vorgaben der Tabelle nach **Fragestellung, Indikator, Einheit, räumlicher Bezug, Erhebungshäufigkeit, Überschneidung** und **Handlungsbedarf** geführt. Das Ergebnis der Diskussion kann der Matrix entnommen werden.

Für die Grundwasserqualität wurden im wesentlichen die bestehenden nationalen bzw. im Entwurf vorhandenen Europäischen Vorgaben übernommen und als Indikator adaptiert. Bei den Indikatoren für den Alpenraum einigte man sich darauf, daß die Wasserqualität als Indikator für die nachhaltige Bewirtschaftung im Einzugsgebiet der Probenahmestelle verwendet werden soll. Der Maßstab für die Bewertung sorgte für längere Diskussionen, da grundsätzlich die Qualität der Quellwässer in Österreich sehr gut ist und Stoffkonzentrationen kaum über dem gebirgsgruppenspezifischen natürlichen bzw. anthropogen nur geringfügig beeinflussten Zustand liegen. Diese Formulierung muß zukünftig noch definiert werden.

Für die Grundwasserquantität wurde vorgeschlagen, die Druckhöhen des Grundwassers als Größe zu verwenden und Trends in Zeitreihen zu verfolgen. Dieser Vorschlag muß noch mit Experten des Hydrographischen Dienstes akkordiert werden.

Für die Auswertung und Darstellung von Trends müssen sowohl für die GW-Qualität als auch für die GW-Quantität Kriterien erarbeitet werden.

Die aggregierenden Indikatoren für Abwasseremissionen, welche auf den Daten einer im Auftrag des ÖSTAT/EUROSTAT erst kürzlich vom Umweltbundesamt durchgeführten Erhebung beruhen (NAMEA-Projekt), stellen einen völlig neuen Ansatz dar und wurden mit großem Interesse und generell positiv aufgenommen.

Im Zuge der Diskussionen bei der Erarbeitung der Matrix kamen die Mitglieder der Arbeitsgruppe überein, daß für die Fragestellung nach Häufigkeit und Ausmaß von "Extremen Abflußzuständen" ein geeigneter Indikator entwickelt werden sollte. Mit extremen Abflußzuständen sind sowohl Hochwässer als auch Niedrigwasserperioden infolge Trockenheit gemeint.

Nachfolgend sind die wesentlichen Ergebnisse des Arbeitskreises in tabellarischer Form mit kurzen allgemeinen Erläuterungen zusammengefaßt.

## Ziele des Arbeitskreises Wasser

- Entwicklung von Indikatoren für die nachhaltige Entwicklung sowohl für österreichische als auch für internationale (EU-) Fragestellungen
- Möglichkeit der Verwendung in internationalen Foren kann durchaus gegeben sein.
- Aus einer Vielzahl von Parametern soll eine überschaubare Zahl an Indikatoren entwickelt werden.

In der Folge wurde anhand des vorgegebenen Schemas die Fragestellungen, Indikatoren etc. erarbeitet.

Es herrscht Einigkeit darüber, daß alle vorgeschlagenen Indikatoren in der Folge einem Test unterzogen werden müssen.

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räumlicher Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Zustand der GW-Qualität bezogen auf anthropogene Einflüsse	Auswertung nach GSWV <sup>1</sup> und WRRL <sup>2</sup> -Kriterien (alle Parameter)	Fläche in % der untersuchten Fläche	Regional/ National/ International	Bis 4x/a	Landwirtschaft, Forst, Luft, Industrie, Rohstoffgewinnung und andere Nutzer, Verkehr	
Zustand der GW-Qualität bezogen auf anthropogene Einflüsse	Trend	Fläche in % der untersuchten Fläche	Regional/ National/ International	Bis 4x/a	Landwirtschaft, Forst, Luft, Industrie, Verkehr, Rohstoffgewinnung und andere Nutzer	Festlegung der Auswerte- u. Bewertungskriterien (z. B. Zeitraum, Signifikanz etc.)
Quellwasserqualität als Anzeiger für nachhaltige Nutzung des alpinen Raumes	Abweichung von einem gebirgsgruppenspezifisch natürlichen bzw. nur geringfügig <sup>3</sup> anthropogen beeinflussten Zustand	% der Meßstellen	Regional National International	4x/a	s. o.	
Zustand der Grundwasserquantität (Porengrundwasser)	Druckhöhen des Grundwassers – Trend	% der beobachteten GW-Flächen	Regional National International Klimagebiete	?	Klima, Niederschlag, Flächennutzung, Wasserentnahmen, Rohstoffgewinnung	Festlegung der Auswertemethode, Daten für gespannte und Tiefengrundwässer
Zustand der Grundwasserquantität (Quellen)	Trend der Quellschüttung	% der beobachteten Meßstellen	Regional National International Klimagebiete	?	–	–

<sup>1</sup> Grundwasserschwellenwertverordnung

<sup>2</sup> Wasserrahmenrichtlinie

<sup>3</sup> gehört noch definiert

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räumlicher Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Einträge von Schmutz- und Nährstofffrachten sowie von gefährlichen Stoffen in die Gewässer	2 Indikatoren: 1. <i>Schmutz- und Nährstofffrachten</i> (Schadeinheiten) unter Angabe der Teilmengen 2. <i>gefährliche Stoffe</i> (Schadeinheiten) unter Angabe der Teilmengen	Schadeinheiten pro Jahr	Regional National International Branchenbezug Flußgebietbezug	1-3 Jahre	Keine	Installierung des Datenflusses in Übereinstimmung mit der WRRL
ökologischer Zustand von Oberflächengewässern	Ökolog. Zustand, Potential, Funktionsfähigkeit	Gewässertypspez. %Kilometer der Klassenzugehörigkeit Anzahl d. Seen	Regional National International Ökoregion Flußgebiet	Mind. 1x in 6 Jahren	Eingriffe in das Gewässerregime, Flächennutzungen, Abwässer, Luft	Anpassung des WGEV-Meßnetzes, Methode der Datenakkumulation in Zshg. mit den Gewässertypen
Belastung mit leicht abbaubaren organischen Stoffen	Saprobiolog. Gewässergüte	Gewässertypspez. %km der Klassenzugehörigkeit	Regional National International Ökoregion Flußgebiet	Alle 3 Jahre	Abwässer	
Anthropogen bedingte Belastung mit Nährstoffen von Oberflächengewässern	Trophiestufe	w. o. + Anzahl der Seen	w. o.	Alle 3 Jahre	Abwässer und diffuse Nährstoffeinträge	
Belastung mit gefährlichen Stoffen – chemischer Gewässerzustand gemäß Rahmenrichtlinie	Klassifizierung gut/nicht gut	% km der Klassenzugehörigkeit, Anzahl der Seen	w. o.	Periodisch gemäß Rahmenrichtlinie	Abwässer und diffuse Einträge	
Veränderung der Häufigkeit extremer Abflußzustände	–	–	–	–	–	Entwicklung von Indikatoren

Bei einer Vielzahl von Indikatoren zeigte sich die Möglichkeit der Anwendung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Handlungsbedarf besteht hinsichtlich der Generalisierungsschritte bei der Übernahme von einer Ebene auf die nächsthöhere.

Darüber hinaus ist die internationale Vergleichbarkeit der Erhebungsgrundlagen eine notwendige Voraussetzung für die Aggregation der Daten. Deshalb sind zu allen Indikatoren die geeigneten Erhebungs- und Bewertungsmethoden offenzulegen.

Die Indikatoren sind einer periodischen kritischen Überprüfung hinsichtlich Ziel und Aussagekraft zu unterziehen.

## **ARBEITSKREIS NATUR UND LANDSCHAFT, BIODIVERSITÄT – IMPULSREFERATE**

### **DIE LANDSCHAFTSSTRUKTUR – EIN AUSSAGEKRÄFTIGES UND RASCH VERFÜGBARES INDIKATORENSET ZUR DOKUMENTATION DER UMWELTSITUATION IN ÖSTERREICH**

*Thomas Wrbka, Erich Szerencsits, Andrea Kiss*

*Universität Wien, Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung*

#### **1 UMWELTINDIKATOREN ALS FORSCHUNGSINHALT IM LEITSCHWERPUNKT – „KULTURLANDSCHAFTSFORSCHUNG“**

Die nachhaltige Entwicklung österreichischer Kulturlandschaften ist seit wenigen Jahren Gegenstand eines nationalen Forschungsschwerpunktes des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr. In diesem Leitschwerpunkt der Forschungsförderung waren von Anfang an auch die Ministerien für Umwelt, Jugend und Familie sowie für Land- und Forstwirtschaft eingebunden, was sich in den Zielsetzungen dieses Forschungsschwerpunktes deutlich widerspiegelt. Forscherinnen und Forscher der österreichischen Wissenschaftsgemeinschaft wurden demnach aufgerufen, Projekte zu erarbeiten, deren Ergebnisse folgende umweltpolitische Ziele unterstützen (BEGUSCH et al. 1995):

- die wesentliche Reduzierung der anthropogenen Stoffflüsse,
- die Optimierung der Beziehung zwischen der Biodiversität und Lebensqualität sowie
- die Förderung der Lebens- und Entwicklungsoptionen innerhalb der Landschaftsdynamik.

Insbesondere das erste dieser forschungspolitischen Ziele verlangt nach Forschungen, die von folgender genereller Fragestellung geleitet werden:

Wie kann Nachhaltigkeit beschrieben, analysiert, gemessen, bewertet und langfristig beobachtet werden?

Folgerichtig wurde von den beratenden Fachexperten und -expertinnen empfohlen, jene Forschungsprojekte vorrangig zu fördern, die sich der Beantwortung dieser Leitfragestellung widmen und sich dem Forschungsfeld „Indikatoren der Nachhaltigkeit“ zuordnen lassen. Zwei dieser Projekte, sogenannte Module des Forschungsprogramms „Nachhaltige Entwicklung österreichischer Kulturlandschaften“, erscheinen für die Erarbeitung eines österreichischen Beitrages zur Diskussion über Umweltindikatoren besonders relevant. Es sind dies die Module IN2 „Landschaftsökologische Strukturmerkmale als Indikatoren nachhaltiger Landnutzung“ sowie IN5 „Vögel, Gefäßpflanzen und Moose als Bioindikatoren nachhaltiger Landnutzung“. Im Folgenden sollen daher diese beiden Forschungsprojekte vorgestellt, ihr derzeitiger Bearbeitungsstand zur Kenntnis gebracht und die Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse diskutiert werden.

## **2 DIE ANALYSE DER LANDSCHAFTSSTRUKTUR – ein wesentliches Forschungsziel der Landschaftsökologie**

Die Landschaftsökologie, eine relativ junge Teildisziplin der ökologischen Forschung, befaßt sich seit ungefähr 15 Jahren mit der Analyse der Landschaftsstruktur, welche gleichzeitig eines der zentralen Themen dieser Fachrichtung darstellt (FARINA 1998, FORMAN 1995, NAVEH & LIEBERMANN 1984). Unter Landschaftsstruktur verstehen LandschaftsökologInnen das räumliche und zeitliche Verteilungsmuster der kleinsten im Gelände erfaßbaren Raumeinheiten, der sogenannten Landschaftselemente. Diese Elemente, seien es nun landwirtschaftliche Nutzflächen, Gebäude, Waldparzellen oder Kleinbiotope wie Hecken und Feldraine, können 3 Grundtypen zugeordnet werden (FORMAN & GODRON 1986):

Als Matrix wird die Summe jener Elemente verstanden, welche in einem Landschaftsausschnitt dominieren und die ökologischen Schlüsselprozesse steuern. Als Korridore werden linien- und bandförmige Elemente bezeichnet, in denen Stoff- und Energietransport aber auch die Wanderung von Organismen konzentriert stattfindet. Und als Patches werden schließlich jene kleinflächigen Elemente verstanden, die unterschiedlichsten Ursprungs sein können. Sie können etwa durch natürliche oder anthropogene Störung bedingt, durch die ungleiche Verteilung von Umweltressourcen, wie Wasser und Nährstoffe, induziert oder aber schlicht und einfach als historische Relikte vorhergehender Landschaftszustände übriggeblieben sein.

## **3 DIE LANDSCHAFTSSTRUKTUR ÖSTERREICHISCHER KULTURLANDSCHAFTEN ALS INDIKATOR NACHHALTIGER LANDNUTZUNG**

Im Forschungsprojekt SINUS/IN2 wird nun versucht, dieses Matrix-Patch-Korridor-Modell der Landschaftsstruktur auf die kleinteiligen Verhältnisse der Kulturlandschaften des österreichischen Alpen- und Donauraumes anzuwenden (WRBKA 1996, WRBKA et al. 1997). Dies geschieht auf mehreren Maßstabebenen mit zwei grundverschiedenen Datensätzen und Methoden. Einerseits wird durch neueste Verfahren der Fernerkundung ein flächendeckender Datensatz über die Bodenbedeckungsklassen Österreichs hergestellt. Andererseits finden in 200 ausgewählten Testquadranten, also repräsentativen Landschaftsausschnitten, Geländeerhebungen statt, die die Landschaftsstruktur auf lokaler Ebene dokumentieren sollen. Die Analyse der Fernerkundungsdaten und ihre landschaftsökologische Interpretation liefern sogenannte Regional Indicators for Sustainable Landuse – RESLs, während das „Ground Truthing“ sogenannte LOISLs, also Local Indicators for Sustainable Landuse, bereitstellt. Mit Hilfe eines eigens entwickelten Expertensystems, welches sich Fuzzyalgorithmen bedient, werden beide Indikatorensets zusammengeführt und sollen schließlich als „Karte nachhaltiger Landnutzung“ visualisiert werden (WRBKA et al. 1998).

Was ist nun konkret unter RESLs und LOISLs zu verstehen? In der regionalen Maßstabsebene (Arbeitsmaßstab 1:200.000) konzentriert sich die Bewertung der Nachhaltigkeit auf die Zerschneidung von Landschaften durch Verkehrswege, auf den Anteil versiegelter Flächen, auf die Größe und Gestalt von Ackerflächen im Flach- und Hügelland und schließlich auf den Anteil von Nadelholzforsten im Laubwaldgebiet. In der lokalen Maßstabsebene 1:10.000 werden hingegen Indizes kalkuliert, die sehr genaue Aussagen über den Zustand dieser Landschaftsausschnitte und vor allem einen überregionalen Vergleich ermöglichen. Beispielhaft seien hier die Vernetzung bestimmter Kleinbiotope wie etwa Hecken und Ackerraine, die Zerschneidung durch Transportwege, der Hemerobiegrad der Landschaftselemente,

Flächenanteil und Raummuster vom Menschen stark gestörter Landschaftselemente etc. erwähnt.

Eines der gängigsten Attribute der Landschaftsstruktur, welche als Umweltindikator Verwendung finden, ist die Verteilung der vom Menschen in unterschiedlichem Ausmaße beeinflussten oder veränderten Landschaftselemente. Diese auf dem Konzept der Hemerobie, also dem Grad der menschlichen Überformung natürlicher Ökosysteme, basierende Einstufung sei anhand zweier Beispiele diskutiert. Abbildung 1 stellt zwei Quadranten der österreichischen Kulturlandschaftskartierung, nämlich die Gebiete „Sellrain“ und „Nennberg“, einander gegenüber. Der Quadrant „Sellrain“ repräsentiert den Typus bergbäuerlich geprägter Kulturlandschaften in steilen alpinen Hangzonen und liegt in einem Seitental des nordtiroler Inntals. In unterschiedlichen Grauschattierungen wird die verschieden starke Überformung der Landschaftselemente durch den Menschen dargestellt, indem die helleren Elemente die naturnäheren, die dunkleren Elemente die naturferneren symbolisieren. Das Kartenbild zeigt eine Gleichverteilung von stark vom Menschen beeinflussten Bereichen (die Klassen beta-euhemerob, alpha-euhemerob, polyhemerob bis metahemerob) mit den halbnatürlichen Landschaftsausschnitten (mesohemerobe Klasse). Handelt es sich im ersteren Fall um die agrarischen Nutzflächen, im wesentlichen intensiv genutztes Grünland sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen, so sind in dieser Landschaft vor allem die Wälder und Gewässer als halbnatürlich einzustufen. Das räumliche Verteilungsmuster kann dem Archetypus sogenannter „Interdigitated Landscapes“ (FORMAN 1995) zugeordnet werden, was bedeutet, daß zwei Landschaftstypen, also die walddominierte naturnähere mit der offenen Agrikulturlandschaft, stark verzahnt sind und lange gemeinsame Grenzlinien aufweisen.

In krassem Gegensatz dazu zeigt der Quadrant „Nennberg“ geradezu beispielhaft den Archetypus einer „Checkerboard Landscape“, also einer schachbrettartig organisierten Anordnung der Landschaftselemente. Dies ist charakteristisch für intensiv genutzte Agrargebiete Österreichs. In diesem Sinne ist der Quadrant „Nennberg“, im niederösterreichischen Alpenvorland im Raume St. Pölten gelegen, als durchaus repräsentativ anzusprechen. Die Hemerobieverteilung dieses Landschaftsausschnittes zeigt eine absolute Dominanz der polyhemeroben Klasse, man kann also von einer vom Menschen gänzlich überformten und stark veränderten Kulturlandschaft sprechen. Im Südostteil des Quadranten ist ein breiter bandförmiger Zerschneidungskorridor, nämlich die Westautobahn, erkennbar, der als hoch versiegeltes metahemerobes Landschaftselement den Gesamtcharakter einer Transformationslandschaft noch verstärkt.

Ein weiteres Beispiel, das die Anwendbarkeit verschiedener Attribute der Landschaftsstruktur als Umweltindikator illustrieren soll, wäre die Verteilung sogenannter „Introduced Patches“, also jener Landschaftselemente, die erst vom Menschen in die Landschaften eingebracht wurden und dort auch mit einem gewissen Arbeits- und Energieaufwand erhalten werden müssen. Im wesentlichen handelt es sich bei solchen Elementen etwa um Bauwerke, aber auch um Kulturpflanzenbestände. Beispielhaft seien die Verhältnisse in zwei Quadranten, nämlich im schon präsentierten Gebiet „Sellrain“ und in einem anderen alpinen Landschaftsausschnitt, dem Quadranten „Moasterboden“ illustriert (Abbildung 2). Handelt es sich bei „Sellrain“ um eine bergbäuerlich geprägte Kulturlandschaft, die in der oberen Montanstufe bzw. in der unteren Subalpinstufe einer alpinen Hangzone realisiert ist, so liegt der Quadrant „Moasterboden“ im Unterhangbereich des subalpin-alpinen Höhenstockwerkes der sogenannten „Norschen Alpen“. Die Landnutzungsverhältnisse in „Sellrain“ sind durch eine landwirtschaftlich genutzte Matrix aus Grünlandflächen einerseits und eine walddominierte Matrix andererseits bestimmt. In diese dominanten Elemente eingestreut befinden sich die dargestellten „Introduced Patches“, wobei es sich im wesentlichen um die Bauernhöfe und ihre Wirtschaftsgebäude handelt, die perlenschnurartig entlang der die Hangzone erschließenden Nebenstraße aufgereiht sind. In Summe ist ein eher geringer Flächenanteil solcher vom Menschen dauerhaft in die Landschaft eingebrachten Elemente im Quadranten „Sellrain“ festzustellen. Demgegenüber handelt es sich beim Quadranten „Moasterboden“ um ein Schigebiet, in dem die breiten Zerschneidungskorridore der Schipisten auch flächenhaft als vom Menschen eingebrachte

Elemente stark in Erscheinung treten. Zusätzlich zum großen Flächenanteil ist die Fragmentierung der umgebenden Matrix deutlich zu erkennen. Es handelt sich dabei um subalpine Nadelwälder. An diesem Beispiel wird deutlich, daß Landschaften mit ähnlichen naturräumlichen Voraussetzungen ein durchaus unterschiedliches Maß an menschlicher Inanspruchnahme aufweisen können, was mit dem Indikator „Introduced Element“ und dem auf diesem Indikator beruhenden Meßwerten und Indizes aus zahlenmäßig dokumentiert und laufend beobachtet werden kann.

Als drittes und letztes Beispiel für Attribute der Landschaftsstruktur, die sich besonders zur Umweltindikation eignen, sei die sogenannte „Connectedness“ (Abbildung 3) vorgestellt. Es handelt sich dabei um die Eigenschaft von Landschaftselementen, miteinander in direktem räumlichen Kontakt zu stehen. Diese Eigenschaft stellt unter anderem auch ein gutes Maß für die Migrations- und Kommunikationsmöglichkeiten der tierischen und pflanzlichen Bewohner unterschiedlicher Habitattypen in einem untersuchten Landschaftsausschnitt dar. Besonders interessant ist daher die Analyse der Vernetztheit linearer Kleinstrukturen, also etwa von Feldrainen und Hecken in Agrarlandschaften. Aus diesem Grunde wurde auch ein Beispiel gewählt, das die diesbezüglichen Verhältnisse in zwei unterschiedlichen Agrarlandschaften, nämlich im Marchfeld und im Waldviertel, darstellt. In beiden Fällen handelt es sich um ackerbaudominierte Kulturlandschaften, in denen als naturnahe Restbiotope kleine Graslandökosysteme vorhanden sind. Diese Grasraine sind vielfach als wenig gestörte Altgrasbestände, in seltenen Fällen auch als gemähte Mager- und Fettwiesenstreifen ausgebildet. Im Falle des Quadranten „Teichhof“, also dem Beispiel aus der intensiv genutzten Agrarlandschaft des Marchfeldes östlich von Wien, kann von einer äußerst geringen „Connectedness“, also Vernetztheit der Linearstrukturen, gesprochen werden. Diese stellen zudem meist stark gestörte schmale Begleitstreifen der Verkehrswege dar und können daher nur in geringem Maß als Rückzugslebensräume für die Kleintier- und Pflanzenwelt dieser Kulturlandschaft zur Verfügung stehen. Im Gegensatz dazu ist der Quadrant „Gradnitz“ im zentralen Waldviertel ein schönes Beispiel für eine noch erhaltene Landschaftsstruktur aus der vorindustriellen Phase der landwirtschaftlichen Nutzung und Kulturlandschaftsentwicklung. Es finden sich zahlreiche linienhafte Elemente unterschiedlichster Vegetationstypen und Qualität, die noch dazu mit flächenhaften Graslandökosystemen, also Mähwiesen und Weiden, verbunden sind. Für die tierischen und pflanzlichen Bewohner von Graslandhabitaten bestehen daher in dieser Kulturlandschaft sehr günstige Ausbreitungs- und Rückzugsmöglichkeiten. Gleichzeitig stellt diese Struktur auch ein Relikt der Landschaftsgeschichte dar, da die Feldraine im wesentlichen die Parzellengrenzen der aus der hochmittelalterlichen Rodungsperiode stammenden schmalen Streifenflur darstellen.

Insbesondere die Dichte und der Vernetzungsgrad der eben referierten linearen Kleinstrukturen, also der Feldraine aber auch der Hecken, stellen ein sehr bekanntes und durchaus auch schon in Mitteleuropa gebrauchtes Attribut zur Beschreibung des Landschaftszustandes dar. Für Österreich haben WRBKA et al. erstmals den Versuch unternommen, sogenannte „Network Landscapes“ zu identifizieren, indem aus insgesamt 200 untersuchten Flächenstichproben jene Landschaften in diese Gruppe gestellt wurden, die eine Lauflänge der linearen Landschaftselemente von über 5 Kilometern pro Quadratkilometer aufweisen (Abbildung 4). Die Darstellung der Bandbreite an Lauflängen linearer Kleinbiotope in den unterschiedlichsten österreichischen Kulturlandschaftstypen zeigt gleichzeitig, daß es sich bei den Quadranten „Gradnitz“ und „Teichhof“ um zwei extreme Ausbildungsformen handelt. Mit 22 Kilometern Feldrainen pro Quadratkilometer gehört „Gradnitz“ zu den am stärksten vernetzten Kulturlandschaften Österreichs, während „Teichhof“ mit bloß 0,2 Kilometer pro Quadratkilometer am unteren Ende der Skala rangiert. Generell ist festzustellen, daß von den 115 untersuchten Landschaften, welche Linearstrukturen aufwiesen, nur 14 den Schwellenwert überschritten und solcherart als Netzwerklandschaften bezeichnet werden konnten.

Das hier präsentierte Set von Nachhaltigkeitsindikatoren ist nur ein kleiner Teil aus jener großen Gruppe von räumlich expliziten Landschaftsattributen, die für die Beschreibung des Landschaftszustandes im lokalen Maßstab genutzt werden können. So ist es zum Beispiel

auch im Falle der Nachhaltigkeitsbewertung möglich, eine für den jeweiligen Kulturlandschaftstyp vorgenommene Bewertung unter Zuhilfenahme der präsentierten Indikatoren ständig nachzuführen und zu evaluieren. Wie in Tabelle 1 gezeigt wird, kann diese Evaluation nach Anwendung eines Regelwerkes zu einer Auf- oder Abwertung der untersuchten Landschaftsausschnitte führen. Es ist jedoch weitere Forschungsarbeit nötig, um klarzulegen, auf welche Weise die einzelnen Indikatoren zu noch aussagekräftigeren aggregiert werden können, um das Indikationssystem zu straffen und zu vereinfachen. Weiters muß Entwicklungsarbeit geleistet werden, etwa durch die Verbesserung der Fuzzy-Algorithmen und der dichotomen Bewertungsbäume, die im vorgestellten Forschungsprojekt als vielversprechende Werkzeuge eingesetzt wurden.

Tab. 1: Korrektur der Nachhaltigkeitsniveaus mit Hilfe ausgewählter Strukturmerkmale der Landschaft.

Ausgewählte Beispiele von Landschaftsausschnitten	NACHHALTIGKEITSNIVEAU DER ENTSPRECHENDEN KULTURLANDSCHAFTEN	NACHHALTIGKEITS-INDIKATOR 1: Hemerobie	NACHHALTIGKEITS-INDIKATOR 2: Fragmentierung	NACHHALTIGKEITS-INDIKATOR 3: Connectedness halbnatürlicher linearer Biotope	NACHHALTIGKEITSNIVEAU NACH KORREKTUR MIT NACHHALTIGKEITS-INDIKATOREN
Moasterboden	Sehr hoch	Meso- u. beta-euhemerob	Starke Zerschneidung durch Schipisten, mittlere Fragmentierung durch Tourismusinfrastruktur (siehe Abb.2.)	Nicht relevant	Gering
Sellrain	Hoch	Meso- u. beta-euhemerob (siehe Abb.1)	Mittlere Zerschneidung durch Güterwege, mittlere Fragmentierung durch Streusiedlungen (siehe Abb.2.)	Mittlere Connectedness von Hecken und Grünland	Hoch
Nennberg	Gering	Polyhemerob (siehe Abb.1)	Starke Zerschneidung durch transnationale Autobahnen, mittlere Fragmentierung durch Streusiedlungen	Sehr geringe Connectedness von Grünland	Sehr gering
Gradnitz	Mittel	Alpha-euhemerob u. polyhemerob	Geringe Zerschneidung durch Feldwege	Hohe Connectedness von Grünland (siehe Abb.3)	Hoch
Teichhof	Gering	Polyhemerob	Mittlere Zerschneidung durch Güterwege	Sehr geringe Connectedness von Grünland (siehe Abb.3)	Sehr gering

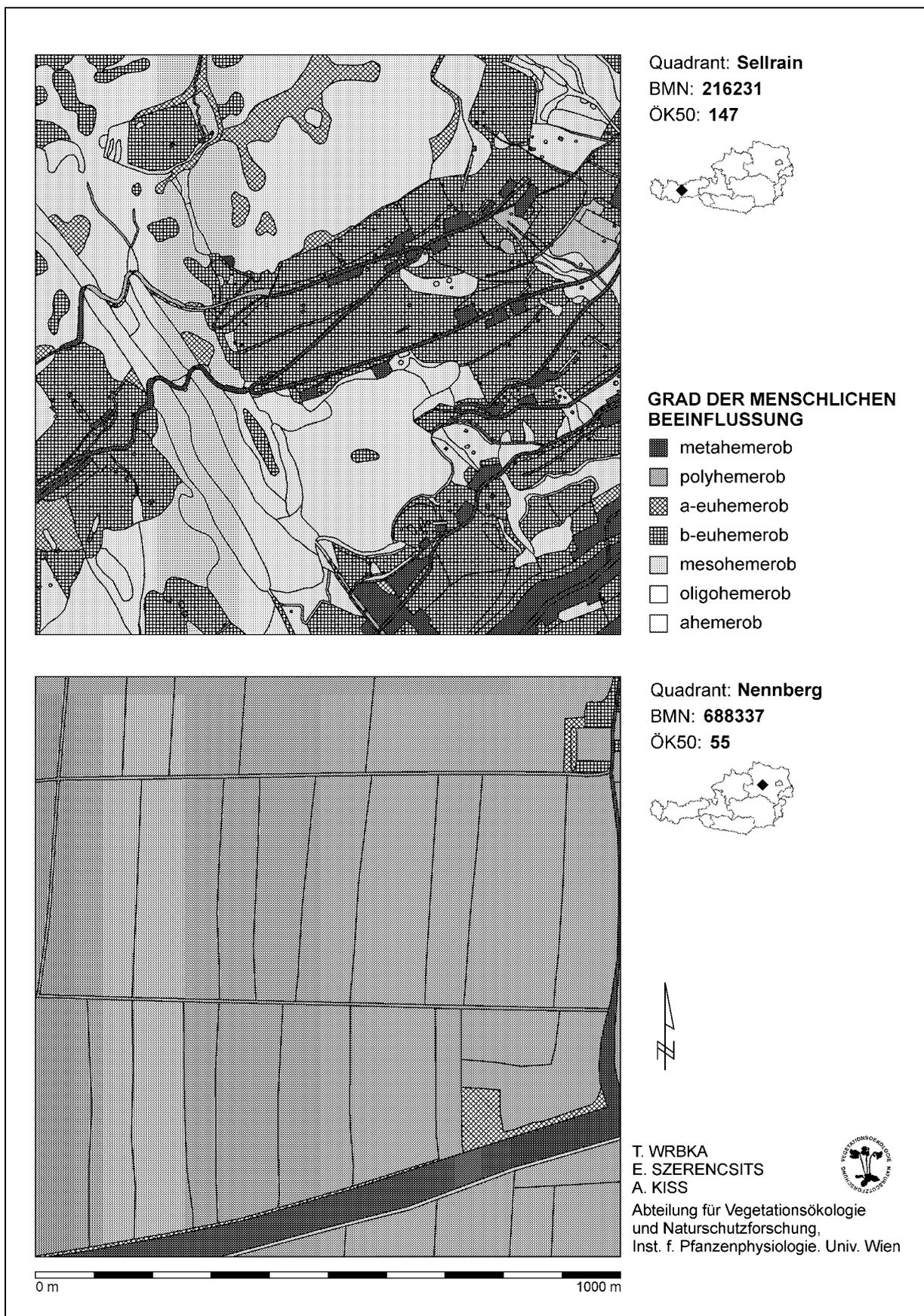


Abb. 1: Hemerobie zweier unterschiedlicher Landschaften.

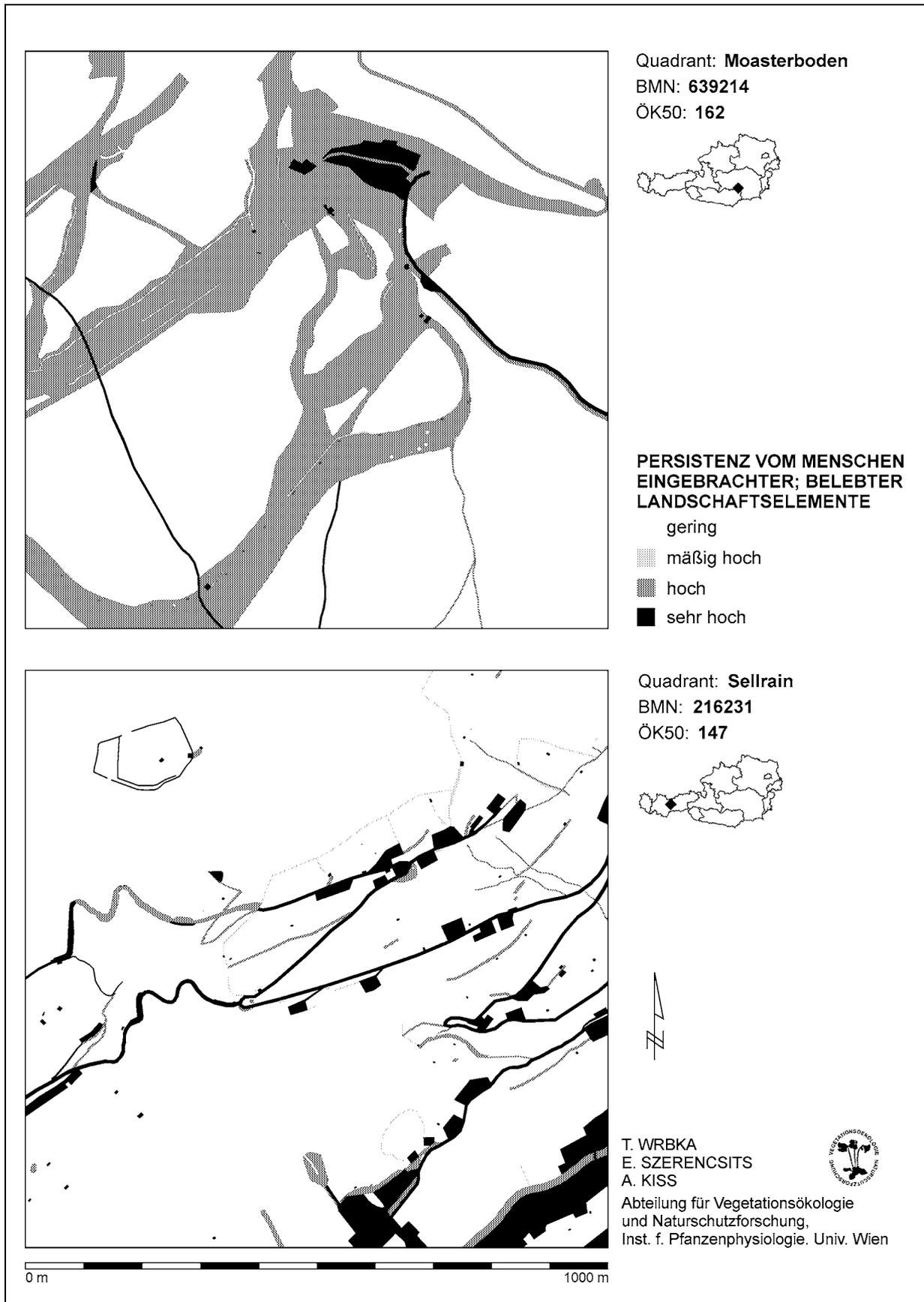


Abb.2: Vom Menschen eingebrachte Landschaftselemente.

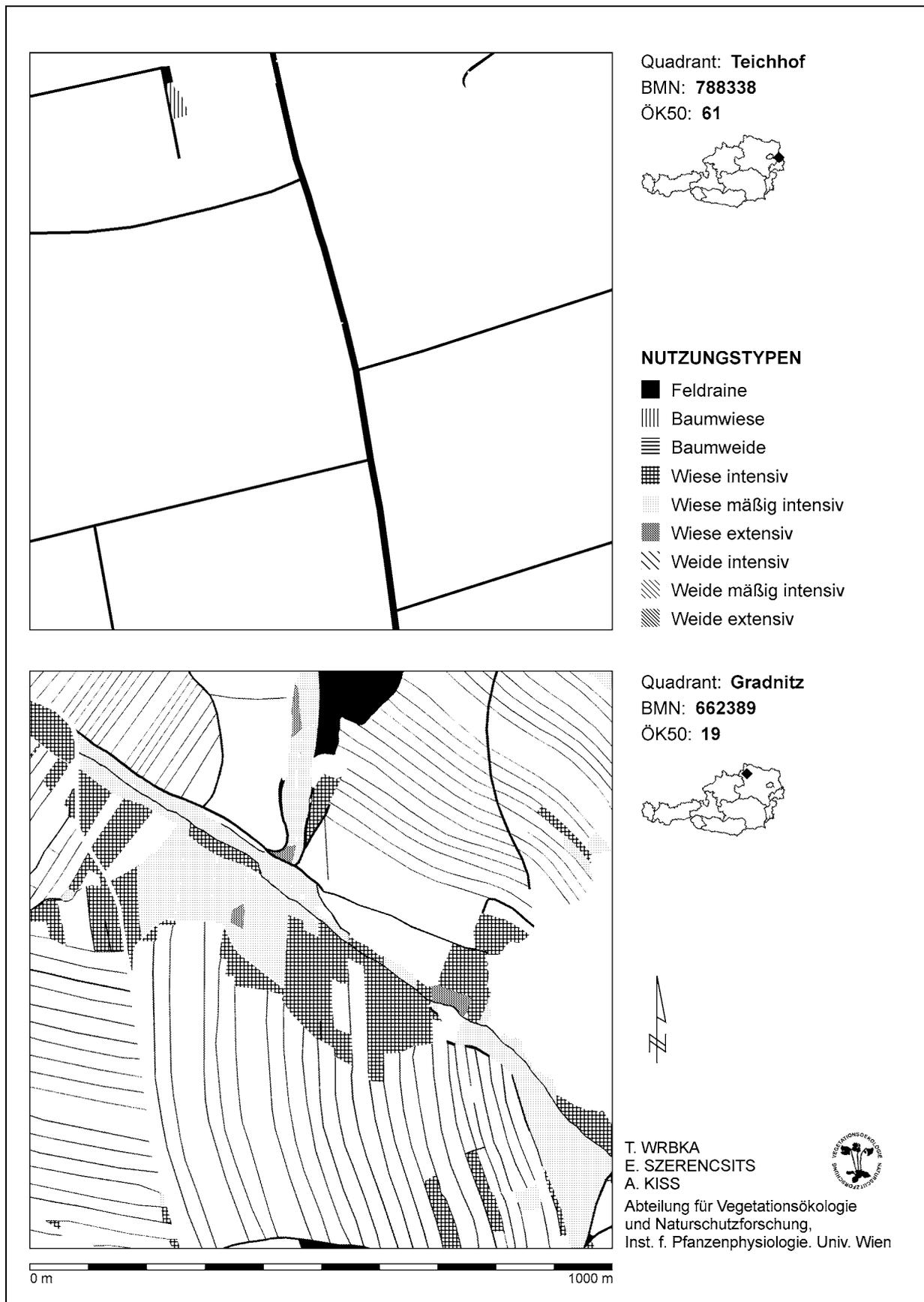


Abb.3: Vernetzung der Graslandökosysteme zweier unterschiedlicher Landschaften.

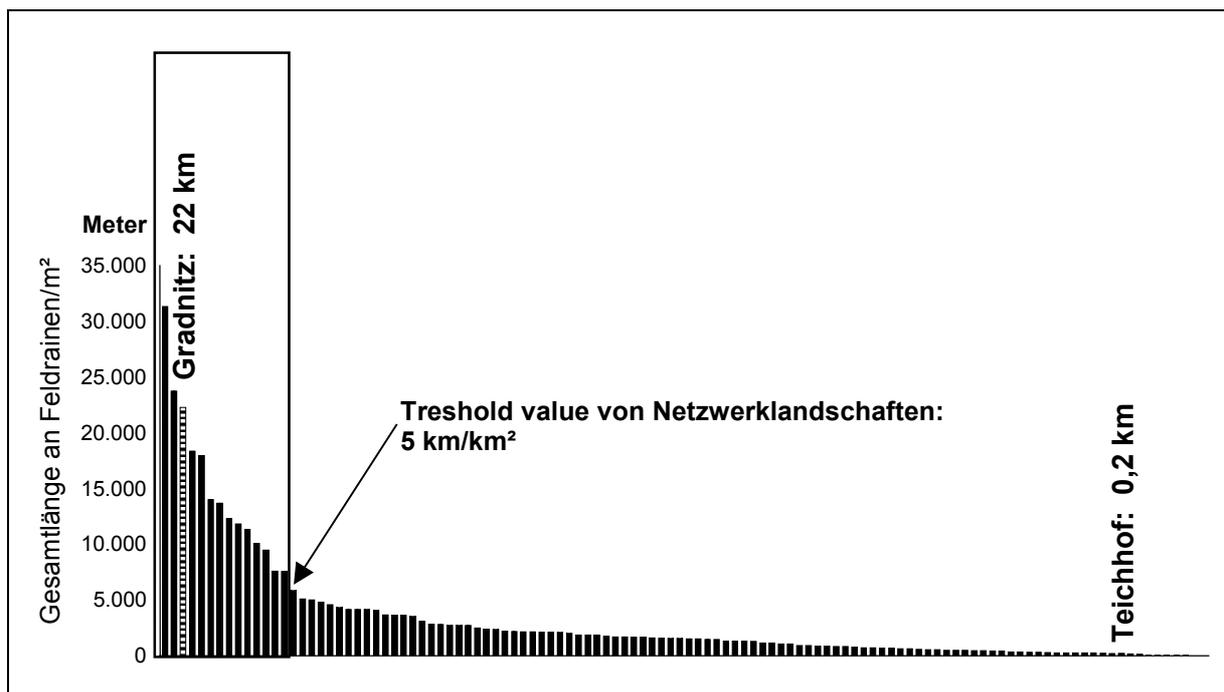


Abb. 4: Gesamtlänge der Feldraine in 115 Testgebieten und 14 "Netzwerklandschaften".

#### 4 VÖGEL, GEFÄSSPFLANZEN UND MOOSE ALS BIOINDIKATOREN DER NACHHALTIGKEIT

Das Modul IN5 „Vögel, Gefäßpflanzen und Moose als Bioindikatoren der Nachhaltigkeit“ befaßt sich mit dem Problem, daß die Arten aus den genannten Organismengruppen in höchst unterschiedlicher Weise auf menschliche Einflußnahme in Landschaften reagieren. Betrachtet man den „Human Impact“ als komplexen Umweltgradienten, der sich vor allem aus den Faktoren Störung, Nährstoffanreicherung und Einbringung gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten zusammensetzt, läßt sich beobachten, daß etwa unter den Gefäßpflanzen ausgesprochene Zeigerarten für diesen Gradienten existieren. Im vegetationsökologischen Part dieses Projekts spielt daher das Konzept der Hemerobie, also des Grades der menschlichen Beeinflussung, eine zentrale Rolle (SUKOPP 1972, GRABHERR et al. 1998).

Daher wird versucht, anhand von statistisch repräsentativen Geländestichproben in 40 ausgesuchten Landschaften Österreichs das Verhalten der Gefäßpflanzen entlang dieses Umweltgradienten exakt zu beschreiben und entsprechende Zeigerarten aus der Grundgesamtheit aller beobachteten Gefäßpflanzen herauszufiltern.

#### 5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sowohl die Landschaftsstruktur als auch die Erarbeitung von Zeigerarten für menschlichen Eingriff in das Konzept der Pressure-, State- & Response-Indikatoren passen. Die Datenverfügbarkeit dieser Indikatorensatzes ist in Österreich dank des beschriebenen Forschungsschwerpunktes und der damit befaßten Projekte im Moment sehr günstig, es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß nur eine Fortführung dieser Beobachtungen und Messungen die Verwertbarkeit als Indikatoren langfristig garantiert.

## 6 LITERATUR

- BEGUSCH, K., PIRKL, H., PRINZ, M., SMOLINER, C. & WRBKA, Th. (1995): Research Concept „Sustainable Development of Cultural Landscapes“, Federal Ministry for Science and Transport, Vienna, pp.1-20.
- FARINA, A. (1998): Principles of Landscape Ecology, Chapman & Hall, London, pp.1-235.
- FORMAN, R. & GODRON, M. (1986): Landscape Ecology, Wiley & sons, New York, pp.1- 619.
- FORMAN, R. (1995): Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions; Cambridge University Press, Cambridge, pp.1-632.
- GRABHERR, G.; KOCH, G.; KIRCHMEIR, H. & REITER, K. (1998): Hemerobie österreichischer Wald-ökosysteme, Veröffentlichungen des österreichischen MaB-Programms, **17**, pp.1- 493.
- NAVEH, Z. & LIEBERMANN, A. (1984): Landscape Ecology – Theory and Application, Springer-Verlag, Berlin and New York, pp.1-345.
- SUKOPP, H. (1972): Wandel von Flora und Vegetation unter dem Einfluß des Menschen, Berichte über Landwirtschaft, **50**, pp.112-139.
- SZERENCSITS, E.; WRBKA, Th.; REITER, K. & PETERSEIL, J. (1998): Mapping and Visualizing Landscape Structure of Austrian Cultural Landscapes, Proc.of the Intern. Conf. 'Present and Historical Nature-Culture Interactions', eds. P. Kovar et al., Prag.
- WRBKA, Th. (1996): Die österreichische Kulturlandschaftskartierung als Grundlage naturschutzfachlicher Erhebungen und Bewertungen; Sauteria, **8**, pp.133-138.
- WRBKA, Th.; SZERENCSITS, E.; & REITER, K. (1997): Classification of Austrian Cultural Landscapes – Implications for Nature Conservation and Sustainable Development, Proc.II Intern. Conf. on Cult. and Environm. „Sustainable Cultural Landscapes in the Danube-Carpathian Region“, ed. Miklos L., Banska Stiavnica, Slovakia, pp.31-41.
- WRBKA, Th.; REITER, K.; SZERENCSITS, E.; MANDL, P.; BARTEL, A.; SCHNEIDER, W. & SUPPAN, F. (1998): Landscape Structure Derived from Satellite Images as Indicator for Sustainable Landuse, Proc.of the EARSEL Symposium on 'Operational Remote Sensing for Sustainable Development', Enschede.

## **FLECHTEN ALS BIO- UND UMWELTINDIKATOREN**

**Roman Türk**

*Universität Salzburg, Institut für Pflanzenphysiologie*

Indikatoren für die Bewertung der Art, des Umfangs und der Intensität anthropogener Einflußnahme auf die Ökosysteme zur Dokumentation der Umweltsituation sind bei jenen Organismengruppen zu suchen, deren Konkurrenzpotential gegenüber den höheren Pflanzen im allgemeinen gering ist. In terrestrischen Ökosystemen sind Bodenalgen, Luftalgen, Flechten und Moose in den vom Menschen beanspruchten Nutzungsräumen gegenüber den höheren Pflanzen im Nachteil, zu groß ist die Summe der negativen, anthropogenen Einflüsse, die auf sie einwirken. Nur an extremen Standorten (z. B. in hochmontanen bis nivalen Lagen, in Trocken- und Magerrasen, auf Fels- und Steinoberflächen oder epiphytisch auf Bäumen, Moosen etc.) haben sie eine Chance aufzukommen und überlebensfähige Populationen mit entsprechender Abundanz zu entwickeln, sofern nicht schädigende Immissionen ihre Vitalität vermindern.

Die Anzahl der Arten – bezogen auf ein abgegrenztes Gebiet – hängt von der Vielfalt der Substrate, der natürlichen orographischen Gliederung, dem Relief und der Vielfalt der mikroklimatischen Bedingungen ab. Österreich weist in weiten Bereichen eine reich gegliederte Landschaft mit sehr unterschiedlichen Gesteinen auf – verbunden mit entsprechenden Gradienten der klimatischen Faktoren wie Temperatur, Niederschlag, Feuchte und Schneebedeckung. Dementsprechend hoch kann die Biodiversität oftmals auf kleinstem Raum in reich strukturierten Landschaften sein, wie die eindrucksvoll im Rannatal (Oberösterreich) gezeigt werden konnte (BERGER & TÜRK 1995).

Eine besondere Stellung als Indikatoren für die Umweltqualität nehmen die Flechten (Lichenes) ein, denn sie sind Symbioseorganismen. Ein Pilzpartner (Mycobiont, zumeist Ascomycet, seltener Basidiomycet) und ein (oder mehrere) Algenpartner (Photobiont, Grünalgen, Blaualgen) bilden eine physiologische und morphologische Einheit. Der Photobiont ist der photoautotrophe Produzent und Kohlenstofflieferant, der Mycobiont ist der Konsument und der „Hausherr“ des Photobionten. Sind Blaualgen an der Symbiose beteiligt, ist die Flechte nicht nur kohlenstoffautotroph, sondern auch stickstoffautotroph. Aufgrund dieser Autotrophie sind viele Flechten befähigt, auch vollkommen nährstoffarme und saure Substrate, wie z. B. Quarzite oder Sandböden zu besiedeln. Zudem verfügen die meisten unter ihnen über eine hohe Resistenz gegenüber den natürlichen Stressfaktoren wie Kälte, Hitze und Trockenheit. Das heißt, daß das potentielle Verbreitungsgebiet derjenigen Arten, die nicht an bestimmte Substrate gebunden sind, alle Höhenstufen im Alpenraum und alle klimatischen Bereiche außerhalb der Alpen umfassen kann, es sind ihnen von Natur aus kaum Grenzen gesetzt. Allerdings sind sie aufgrund ihrer symbiontischen Lebensweise gegenüber einer – vor allem anthropogenen – Veränderung ihres chemischen Umfeldes sehr empfindlich, weshalb sie schon seit über 140 Jahren als Indikatoren für die Wirkung von Luftverunreinigungen herangezogen werden. Mit zunehmender Konzentration und Andauer der Luftverunreinigungen nehmen die Flechtenartenzahl und die Abundanz bis gegen Null ab (Flechtenwüste). Besonders schädigend auf Flechten wirken sauer reagierende Gase und deren Derivate, wie z. B. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl und andere. In den letzten Jahrzehnten spielen Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Stickstoffdünger, NO<sub>x</sub>) eine immer größere Rolle in der anthropogenen Veränderung der Flechtenflora. Vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten Österreichs wird die natürlich angestammte acidophytische Epiphytenflora durch eine neutro- und nitrophytische ersetzt.

## 1 PRESSURE

Hinsichtlich der anthropogenen Stressoren, die durch die Land- und Forstwirtschaft auf die Landschaft ausgeübt werden, sind Flechten geradezu ideale Monitoringorganismen. Infolge ihres langsamen Wachstums auf langfristig weitgehend ungestörte Ökosysteme angewiesen, verlieren viele von ihnen die Existenzmöglichkeiten durch die Bewirtschaftungsmethoden einerseits und den Eintrag von Fremdchemikalien andererseits. Gerade in orographisch wenig gegliederten Landschaften, die von intensiver landwirtschaftlicher Nutzung geprägt sind (Tallagen der Alpentäler, Alpenvorland, Weinviertel, Marchfeld, Tullner Feld, südliches Wiener Becken, Südoststeiermark), ist die Flechtenartenzahl pro Grundfeld (10' Längengrad x 6' Breitengrad, etwa 130 km<sup>2</sup>) sehr niedrig. Dies konnte eindrucksvoll im Bundesland Niederösterreich aufgezeigt werden (siehe TÜRK et al. 1998), wo die völlige Umgestaltung der Landschaft für den ungehinderten Einsatz von Landwirtschaftsmaschinen zu einem eklatanten Schwund an Lebensräumen für Flechten geführt hat. In diesen Gegenden bieten lediglich anthropogene Substrate in Form von Betonkanaldeckeln, Grenzsteinen, Bildstöcken, Steinbrunnen, Dachplatten und Ziegeln die einzige Wuchsmöglichkeit für „Ruderalflechten“ (z. B. *Caloplaca holocarpa*, *C. decipiens*, *Lecanora dispersa*, *Candelariella aurella*, *Xanthoria elegans*, *Physcia*-Arten u. a.). Hinzu kommt der starke Einsatz von Düngemitteln und Bioziden, der die Lebensmöglichkeiten für viele baum- und bodenbewohnende Flechten stellenweise stark reduziert. Dies hat eine äußerst geringe Artenzahl (unter 30) pro Grundfeld zur Folge (siehe Abb. 1). Ähnliche Verhältnisse herrschen im Alpenvorland Oberösterreichs, wo allerdings die Artenzahl infolge der stärkeren orographischen Gliederung (Taleinschnitte, anstehende Nagelfluh etc.) von Natur aus etwas höher ist.

Auch das Fällen von straßen- und wegbegleitenden Obstbäumen – gebietsweise sogar mit öffentlichen Mitteln gefördert – und von alten Nutzbäumen hat zu einem großflächigen Substratschwund geführt, der das Aussterben vieler substratspezifischer Arten zur Folge hatte.

In forstwirtschaftlich genutzten Arealen ist das Fehlen reichlich strukturierter Wälder (verschiedene Altersklassen, Alt- und Totbäume, Totholz stehend, liegend, unterschiedliche Zerfallsphasen) für das Ausbleiben vieler Substratspezialisten verantwortlich. Die über viele Jahrzehnte gepflogene Monokultur schränkte die natürliche Substratvielfalt großflächig stark ein. Dies konnte eindrucksvoll in Vorarlberg aufgezeigt werden, wo die epiphytische Flechtenvegetation von naturnahen Wäldern mit unmittelbar daran angrenzenden Fichten-Monokulturen verglichen wurde. Totholz bewohnende Flechten fehlten in den Fichtenforsten vollkommen, auch die Artenzahl betrug nur 5 % von jener im naturnahen Mischwald (PFEFFERKORN 1996; PFEFFERKORN & TÜRK 1995). Kurze Umtriebszeiten im Niederwaldbetrieb bedingen, daß viele langsamwüchsige Flechtenarten keine Möglichkeiten haben, aufzukommen.

Das Anlegen von breiten Forststraßen im Alpenbereich kann die mikroklimatischen Bedingungen derart verändern, daß stenöke Arten mit hohen Ansprüchen an die Feuchte in ihrem Umfeld verschwinden. Der austrocknende Effekt, der von den konvektiven, aufwärts gerichteten Luftströmungen auf trockenempfindliche Flechten (die meisten ozeanischen Arten gehören zu diesen) ausgeht, kann bis zu hundert Meter in geschlossenen Waldgebieten hangaufwärts beobachtet werden. Ähnliche Effekte gehen von den breiten Schneisen für Schipisten und Aufstiegshilfen aller Art auf die terricole und epiphytische Flechtenvegetation aus.

Wenn auch ursprünglich vom Menschen geschaffen, waren doch Hohlwege wichtige Rückzugsräume für Flechten und Moose, die auf frische Erdanrisse angewiesen sind. Das Einebnen von Hohlwegen im Zuge von Flurbereinigungen hat auch in diesem Falle eine Artenverarmung zur Folge.



Wenn auch das anthropogene Gefährdungspotential für gesteinsbewohnende Flechten im allgemeinen als gering betrachtet wird, so gibt es doch Gefährdungen, die zu einem kleinflächigen und in der Folge großflächigen Verschwinden von dieser ökologischen Gruppe führen können. So können Kahlschläge für schattenliebende epilithische Arten auf kleinen Granitblöcken im Wald (Mühlviertel und Waldviertel) bzw. an Waldwegen infolge des verstärkten Lichteinfalls durch das veränderte Mesoklima das Verschwinden der Flechten herbeiführen. Das Abtragen von Feldrainen mit kleinen Granitblöcken sowie die Entfernung von Lesesteinwällen und Findlingen schränken den Lebensraum für epilithische Flechten stark ein, wie im Gemeindegebiet von Kollerschlag (Mühlviertel, Oberösterreich) festgestellt wurde (GRUBER & TÜRK 1998). Über die weiteren Gefährdungspotentiale für Flechten siehe TÜRK et al. (1998) und TÜRK & HAFELLENER (1999).

Generell kann festgestellt werden, daß eine hohe, naturnahe Habitatvielfalt im allgemeinen auch mit einer hohen Diversität an Flechten gekoppelt ist (vgl. TÜRK 1994; PFEFFERKORN & TÜRK 1995; PFEFFERKORN 1996).

## 2 STATE

In reichlich strukturierten Landschaftstypen, wie sie in den meisten Bundesländern Österreichs vorherrschen, ist auch die Flechtendiversität hoch. In den Bergzügen der Alpen, in denen unterschiedlichste Gesteine anstehen und Wälder unterschiedlichster Ausprägung vorhanden sind, führt schon ein durchschnittlicher Bearbeitungsstand der floristischen Erhebung zu hohen Artenzahlen zwischen 350 bis über 500 Arten – vorausgesetzt, der Einfluß von Immissionen ist gering. Die Vielfalt an Mikrohabitaten bestimmt die Lebensmöglichkeiten für sehr viele Flechtenarten mit hoher Substrat- und/oder Mikroklimaspezifität. Stehen z. B. Felsformationen an, steigt auch die Artenzahl pro Rasterfläche unabhängig von der Fläche des anstehenden Gesteins steil an. Es genügen schon wenige anstehende Granit- oder Kalkblöcke, um auch in landwirtschaftlich stark beanspruchten Bereichen die Artenzahl zu erhöhen, wie dies in den Grundfeldern des Wald- und Weinviertels oder entlang des Donautals sehr deutlich zu sehen ist (vgl. Abb. 1; Grundfelder 7359; 7464; 7559).

Sowohl die Diversität als auch die Abundanz der Flechten sind für die Bewertung des Naturraumpotentials sehr aussagekräftige Indikatoren (vgl. auch TÜRK & WITTMANN 1988). Die Erhebung der Flechtendiversität in Österreich hat mit über 110.000 Funddaten von fast 2.300 Arten einen Stand erreicht, der in vielen Gebieten klare Aussagen über die Umweltsituation und das noch vorhandene Naturraumpotential zuläßt.

## 3 RESPONSE

Für die Erhaltung bzw. die Neuschaffung von Flechtenhabitaten – und damit auch für viele andere Organismengruppen – soll eine reichliche Gliederung der Landschaft oberstes Planungsziel sein. Alleene, Baumgruppen, Holzzäune, Heuschober etc. können das anthropogene Substratangebot für Flechten erweitern. Für das Überleben ökologisch sehr anspruchsvoller Flechten ist die Schaffung bzw. die Erhaltung von großflächigen Naturwaldreservaten oder Urwäldern, die ein entsprechendes Bestandesklima gewährleisten, die unbedingte Voraussetzung. Der sorgsame Umgang mit Gesteinsformationen außerhalb der Alpen kann die Wuchsmöglichkeiten für viele saxicole Flechtenarten aufrecht erhalten, ebenso die entsprechende Pflege von Trockenrasen für viele bodenbewohnende Flechten.

## 4 LITERATUR

- BERGER, F. & R. TÜRK (1995): Die Flechtenflora im unteren Rannatal (Mühlviertel, Oberösterreich, Österreich). – Beitr. Naturk. Oberösterreichs 3: 147-216.
- GRUBER, R. & R. TÜRK (1998): Die Flechtenflora und -vegetation im Gemeindegebiet von Kollerschlag (Mühlviertel, Oberösterreich) – eine Erhebung unter Naturschutzaspekten. – Beitr. Naturk. Oberösterreichs 6: 65-106.
- PFEFFERKORN, V. (1996): Epiphytische Flechtenvereine in Vorarlberg (Österreich) unter besonderer Berücksichtigung der Hemerobie von Waldökosystemen. – Vorarlberger Naturschau 1: 9-152.
- PFEFFERKORN, V. & R. TÜRK (1995): Wälder und Flechtendiversität. – Natur und Land 81 (5/6): 31-39.
- TÜRK, R. (1994): Flechten als Zeiger des Hemerobiegrades in terrestrischen Biotopen. – In: Kurzf. 1. Symp. Biotopkart. Im Alpenraum Salzburg 1994. Beitr. Nr. 29 (Hrsg.: FÜRNKRANZ, D., HEISELMAYER, P. & H. HINTERSTOISSER).
- TÜRK, R. & J. HAFELLNER (1999): Rote Liste der bedrohten Flechten in Österreich. -Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz 5 (im Druck).
- TÜRK, R. & H. WITTMANN (1988): Flechtenkartierung in Österreich – ein Beitrag zur Dokumentation des Naturraumpotentials. – Natur und Land 4/5: 98-113.
- TÜRK, R., BREUSS, O. & J. ÜBLAGGER (1998): Die Flechten im Bundesland Niederösterreich. – Wiss. Mitt. Niederösterr. Landesmuseum 11: 7-313.

## **ARBEITSKREIS NATUR UND LANDSCHAFT, BIODIVERSITÄT Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

**Moderator:** *Harald Zechmeister;*  
*Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie*

**Teilnehmer:**

*Andreas Bartel (Universität Klagenfurt, Institut für Geographie);*  
*Gerald Dick (WWF Österreich);*  
*Michael Dvorak (BirdLife Österreich),*  
*Thomas Ellmauer (ÖGNU);*  
*Johannes Gepp (Institut für Naturschutz u. Landschaftsökologie);*  
*Bernhard Kromp (MA 49/Ludwig Boltzmann-Institut f. biologischen Landbau u. angewandte Ökologie);*  
*Werner Lazowski;*  
*Wolfgang Mattes (Umweltbundesamt, Abt. Umweltplanung und Naturschutz);*  
*Michael Mirtl (Umweltbundesamt, Abt. Wald);*  
*Irene Oberleitner (Umweltbundesamt, Abt. Umweltplanung und Naturschutz);*  
*Heinz Otto (Amt d. Steiermärkischen Landesregierung, Rechtsabt. 6);*  
*Monika Paar (Umweltbundesamt, Abt. Umweltplanung und Naturschutz);*  
*Norbert Sauberer (Universität Wien – Biozentrum, Abt. für Vegetationsökologie);*  
*Clemens Schadauer (Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Waldinventur);*  
*Johannes Schima (Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammern Österreichs);*  
*Erich Szerencsits (Universität Wien – Biozentrum, Abt. für Vegetationsökologie);*  
*Frieda Tataruch (Veterinärmedizinische Universität Wien,*  
*Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie);*  
*Andreas Traxler;*  
*Roman Türk (Universität Salzburg, Institut für Pflanzenphysiologie);*  
*Manfred Wörgetter (Bundesanstalt für Landtechnik);*  
*Thomas Wrbka (Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie).*

Das Ergebnispapier wurde von einer Kernarbeitsgruppe nach dem Workshop überarbeitet, die aus folgenden Experten zusammengesetzt war: Andreas Traxler, Thomas Ellmauer (ÖGNU), Harald Zechmeister (Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie), Norbert Sauberer (Universität Wien, Abt. für Vegetationsökologie), Thomas Wrbka (Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie), Wolfgang Mattes und Monika Paar (Umweltbundesamt).

### **Aufgabenstellung und Zielsetzung des Arbeitskreises**

Entwicklung eines nationalen Indikatorensets zum Thema „Naturschutz/Erhaltung der biologischen Vielfalt“ um

- den Wissensstand über den Zustand von Natur und Landschaft, Biodiversität zu verbessern,
- die Öffentlichkeit über den Zustand von Natur und Landschaft, Biodiversität zu informieren und
- umweltpolitische Maßnahmen in die gewünschte Richtung zu lenken.

Um diese Ziele erfüllen zu können, müssen die ausgewählten Indikatoren bestimmte Voraussetzungen bzw. Kriterien erfüllen.

Dazu zählen die

- Internationale Kompatibilität
- Repräsentativität (in Abhängigkeit von der Fragestellung)
- Datenverfügbarkeit
- Transparenz, Reproduzierbarkeit, nachvollziehbare Auswahlkriterien
- Kurzfristige Realisierbarkeit/vertretbarer Aufwand bei der Datenbeschaffung
- Verständlichkeit
- Stellenwert in der öffentlichen Diskussion.

Ausgangspunkt für die Gliederung bildet der von der OECD vorgeschlagene Indikatorenansatz, wodurch gleichzeitig der Anforderung nach internationaler Kompatibilität Rechnung getragen werden kann. Der OECD-Indikatorenansatz gliedert sich in die Bereiche Pressure-, State- und Response-Indikatoren.

Darüber hinaus soll das Indikatorensystem an das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung angeknüpft sein.

In Abhängigkeit von der Fragestellung müssen diese Indikatoren ein mehr oder weniger hohes Aggregationsniveau besitzen. Die vorliegenden Indikatoren sind durchaus als ‚headline Indikatoren‘ zu bezeichnen und sind nur die Spitze des ‚Eisberges‘ mit all den ihnen eigenen Vorteilen aber auch Einschränkungen. Das bedeutet, daß für viele Fragestellungen in der konkreten Naturschutzarbeit mit einzelnen Komponenten niedriger Hierarchie-Ebenen gearbeitet werden muß. Diese überaus breite Palette an spezifischen Indikatoren wurde in diesem Arbeitskreis nicht aufgeschlüsselt.

Einteilung der Indikatoren:

- 1.) Pressure/Einfluß
- 2.) State/Zustand
- 3.) Response/Maßnahmen

### Pressure/Einfluss

	Indikator	räumlicher Bezug	Überschneidung	Quantifizierbarkeit
<b>OECD</b>	<b>Habitat alteration and land conversion from natural state</b>			
OECD/ National	Veränderung der Landschaftsstruktur	nat/reg/lok	Landwirtschaft, Verkehr u. a.	gut
OECD/ National	Veränderung der Naturnähe	nat/reg/lok	Landwirtschaft, Verkehr u. a.	gut
OECD/ National	Veränderung der Biotopausstattung der Landschaft	nat/reg/lok	Landwirtschaft, Verkehr u. a.	gut
National	Schadstoffe	nat/reg/lok	Lufthygiene	gut

**State/Zustand**

	Indikator	Einheit	räumlicher Bezug	Überschneidung	Quantifizierbarkeit
<b>OECD</b>	<b>Threatened or extinct species as a share of total species known</b>				
OECD/ National	Anteil gefährdeter/ ausgestorbener Tier- und Pflanzenarten	%	nat/reg	–	gut
National	Anteil gefährdeter Biotop(-typen)	ha (%)	nat/reg	–	Handlungs- bedarf
National	Bestandsentwicklung von Leitindikatoren (-arten)	Verhältnis zueinander	nat/reg/lok	–	je nach Fragestellung: gut
National	Quantität und Qualität ausgewählter Organismengruppen	Verhältnis zueinander	nat/reg/lok	–	je nach Fragestellung: gut
National	Landnutzung	ha (%)	nat/reg/lok	Land- und Forstwirtschaft, Siedlungs- entwicklung u. a.	gut

**Response/Massnahmen**

	Indikator	Einheit	räumlicher Bezug	Überschneidung	Quantifizierbarkeit
<b>OECD</b>	<b>Protected areas as % of national territory and by type of ecosystem</b>				
OECD/ National	Anteil der Schutzgebiete an der Staatsfläche	%	nat/reg	–	gut
National	Zustand der Schutzgebiete	Bewertung (vgl. UBA- Studie <sup>4</sup> )	lokal	–	Handlungs- bedarf
National	Anreizmaßnahmen/ Finanzielle Ressourcen	ATS	nat/reg	Landwirtschaft, Forstwirtschaft u. a.	gut
National	Legistik/Umsetzung	–	EU/nat/reg	Lufthygiene u. a.	gut

<sup>4</sup> TIEFENBACH, M. et al. (1993): Naturschutzgebiete Österreichs. Monographien des Umweltbundesamtes, 3 Bände: 38 A – D. Wien.

**Weitere Punkte aus dem Diskussionsverlauf:**

- die Überprüfung des Zustandes und der Entwicklung von Arten und Lebensräumen bzw. die Evaluierung der getroffenen Maßnahmen in Form eines regelmäßig stattfindenden **Monitorings** ist anzustreben
- die **Aktualisierung** bestehender Indikatoren (Rote Listen gefährdeter Arten) sowie die **Erstellung neuer Indikatoren** (Rote Listen gefährdeter Lebensraumtypen) ist voranzutreiben
- die oben angeführten Indikatoren verstehen sich als sogenannte „**headline Indikatoren**“. Als nächster Schritt wäre anzustreben, diese Indikatoren in Form einer Untergliederung weiter zu detaillieren und damit für spezielle Fragestellungen im Naturschutz zu konkretisieren
- im Bereich der **Leitindikatoren(-arten)** sind bereits eine Reihe von Daten vorhanden, die jedoch für einzelne Fragestellungen nur mangelhaft verfügbar sind (im Arbeitskreis wurden die Leitindikatoren nicht ausformuliert, da dies den Rahmen überschritten hätte).

## **ARBEITSKREIS WALD – IMPULSREFERAT**

### **BESTEHENDE INDIKATORENSETS INTERNATIONALER INSTITUTIONEN ZUR MESSUNG VON NACHHALTIGKEIT IM BEREICH WALD**

*Ewald Rametsteiner*

*Universität für Bodenkultur, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft*

#### **1 KURZZUSAMMENFASSUNG**

Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung im Zusammenhang mit Wäldern blicken auf eine relativ lange Geschichte zurück. Der Begriffsinhalt von "nachhaltiger Waldbewirtschaftung" (NWB) veränderte sich jedoch im Lauf der Zeit und umfaßt heute ökologische, ökonomische und soziale Komponenten. Die Arbeit an Kriterien und Indikatoren (K&I) zur Messung dieser umfassenderen Nachhaltigkeitsdefinition hat in der internationalen Forstpolitik bereits Ende der 80er Jahre begonnen. In Europa beschäftigten sich die Mitgliedsstaaten des "Gesamteuropäischen Ministerkonferenzprozesses zum Schutz der Wälder in Europa" seit 1993 intensiv mit der Ausarbeitung von einem Set von K&Is. Nachdem das aus diesem Prozeß vorliegende Indikatorenset bereits europaweit politisch akkordiert ist, bildet es den idealen Referenzpunkt für ein österreichisches Set von Umweltindikatoren für den Bereich Wald. Zur Erarbeitung eines spezifisch für österreichische Bedürfnisse angepaßten Indikatorensets sind folgende weitere Schritte empfehlenswert: Die Indikatoren des Referenzsets des „Gesamteuropäischen Prozesses“ sollten auf Relevanz, Vollständigkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Erhebungseffizienz geprüft werden. Um schließlich zu einem themenübergreifend konsistenten Gesamtset an Indikatoren zu gelangen, sind weiters die thematischen Überschneidungen mit anderen Bereichen festzustellen. Aus den Ergebnissen dieser Arbeit ist auch der weitere Handlungsbedarf ableitbar.

#### **2 HINTERGRUND: NACHHALTIGKEIT UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG IN DER FORSTWIRTSCHAFT**

Im Laufe der Geschichte ergab sich in verschiedenen Zusammenhängen die dringende Notwendigkeit, die Nutzung von Wäldern zu planen und zu regulieren, um deren Fortbestand in quantitativer und qualitativer Hinsicht zu sichern. Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung im Zusammenhang mit Wäldern blicken auf eine relativ lange Geschichte zurück. Der Begriff "Nachhaltigkeit" wurde in der Forstwirtschaft zu Beginn des achtzehnten Jahrhunderts im Zusammenhang mit Forstgesetzen bzw. ihrer Vorläufer oder zur betrieblichen Bewirtschaftung eingeführt (KILLIAN, 1994: 255). Der Begriffsinhalt veränderte sich jedoch im Lauf der Geschichte. Lange Zeit bezog sich "Nachhaltigkeit" fast ausschließlich auf die nachhaltige Holzproduktion. Vor allem in diesem Jahrhundert kann man jedoch eine zunehmende Bedeutung von weiteren nutzungsrelevanten Aspekten beobachten. So etablierte sich das Konzept der "multifunktionalen Waldbewirtschaftung" in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Insbesondere in den letzten Jahrzehnten wurde die Gesellschaft mit Phänomenen wie „Waldsterben“ oder die Zerstörung tropischer Wälder konfrontiert. Dies trug einerseits zur Heraus-

bildung des Umweltbewußtseins bei und führte andererseits vor allem in der Politik zu zwei wesentlichen Entwicklungen. Erstens wurde das Konzept der Nachhaltigkeit auf globaler politischer Ebene als generelles Leitbild der gesellschaftlichen Entwicklung aufgegriffen. Zweitens wurde vor dem Hintergrund der aktuellen Waldproblematiken der Begriffsinhalt von „Nachhaltiger Waldbewirtschaftung“ (NWB) wiederum aktualisiert, indem ökologische und soziale Aspekte stärker in den Vordergrund gerückt wurden. Nach heutiger Begriffsdefinition umfaßt nachhaltige Waldbewirtschaftung also ökologische, ökonomische und soziale Komponenten.

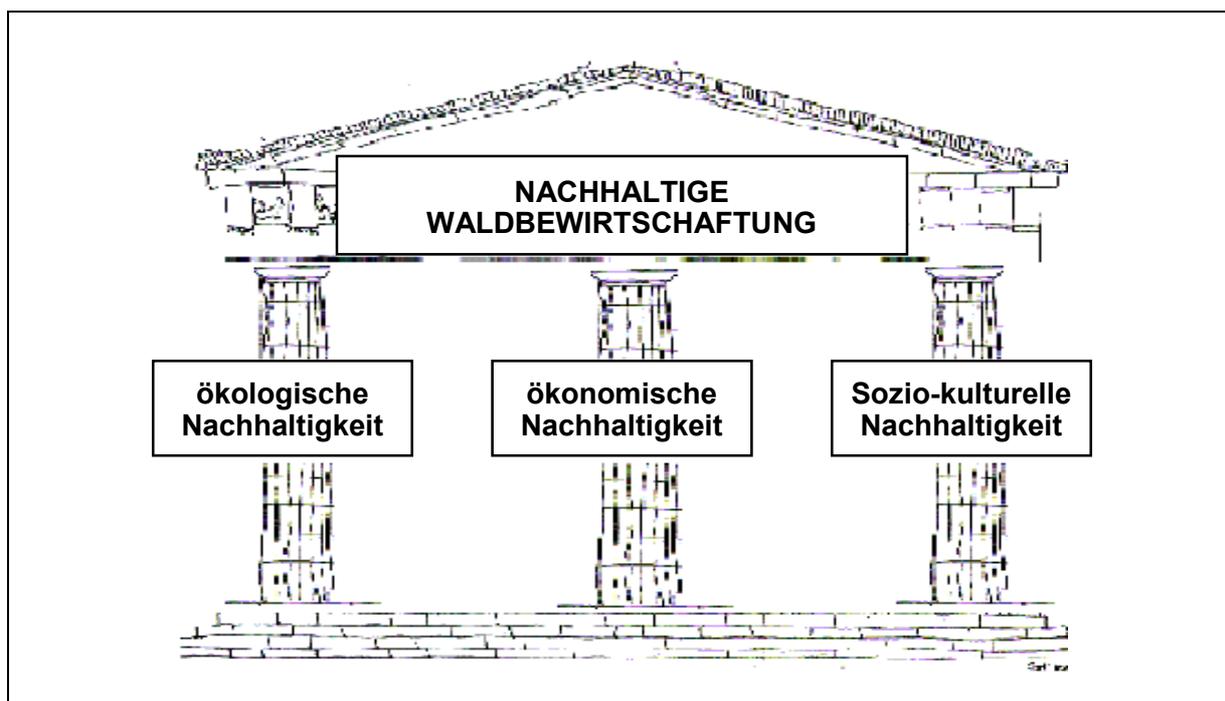


Abb. 1: Die drei Säulen des Begriffes „Nachhaltige Waldbewirtschaftung“.

Eine erste globale Beschreibung des Inhalts von „nachhaltiger Waldbewirtschaftung“ kann in den sogenannten "Waldprinzipien" gefunden werden, die 1992 anlässlich der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung als unverbindliche Prinzipien angenommen wurden. Im Prinzip 2 B) ist zu lesen: "Waldressourcen und Waldland sollten nachhaltig bewirtschaftet werden, um den sozialen, ökonomischen, ökologischen, kulturellen und geistlichen menschlichen Bedarf gegenwärtiger und zukünftiger Generationen zu decken".

### 3 DIE MESSUNG DER NACHHALTIGKEIT MIT HILFE VON KRITERIEN UND INDIKATOREN

Viele der mit Wald im Zusammenhang stehenden Merkmale werden und wurden in einer Vielfalt von Kontexten wie z. B. Wirtschaft, Politik und Forschung in irgendeiner Form gemessen. So bestehen in einem Großteil der Staaten der Erde zum Teil sehr detaillierte nationale Waldinventuren. Auf betrieblicher Ebene ist die Erhebung von Informationen über das zu bewirtschaftende Gebiet ebenfalls selbstverständlich.

In den letzten Jahren ist im Zuge des globalen Interesses an Nachhaltigkeit ein erheblich gesteigerter internationaler Aufwand um die Feststellung der Situation des Waldes und des Ausmaßes der Nachhaltigkeit seiner Bewirtschaftung festzustellen. Dabei wurde insbesondere die Messung von ökologischen Aspekten verstärkt in den Vordergrund gerückt.

Im Bereich Wald etablierte sich aufgrund der Komplexität und Schwierigkeit der Materie als methodische Herangehensweise der Einsatz von sogenannten „Kriterien und Indikatorensets“. Unter „Kriterien“ versteht man dabei unterscheidende Merkmale oder Prüf Aspekte. Sie werden im Zusammenhang mit der Messung der NWB dazu verwendet, um spezifischere Meßbereiche bzw. inhaltliche Ziele zu definieren. „Indikatoren“ sind Merkmale, die als (beweiskräftiges) Anzeichen oder als Hinweis auf etwas anderes dienen. Sie werden verwendet, um den Zustand und Veränderungen in relevanten Aspekten aufzuzeigen. Sie werden in erster Linie dort angewandt, wo etwas nicht vollständig oder exakt gemessen werden kann.

Der Schritt, NWB auf einer internationalen politischen Ebene durch Kriterien und Indikatoren näher zu definieren und meßbar zu machen, hat in der internationalen Forstpolitik bereits Ende der 80er Jahre, und damit vor der UNCED-Konferenz 1992 begonnen. Eine Übersicht über internationale Initiativen zur Erarbeitung von Kriterien und Indikatorensets (K&I) zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Internationale Prozesse zur Entwicklung von Indikatoren für „Nachhaltige Waldbewirtschaftung“ in der Forstwirtschaft.

Jahr	Initiativen	Regionaler Bezug
1992	ITTO – Criteria and Indicators, UNCED – Wald-Prinzipien, Agenda 21,	global mit Tropen-Bezug global
1993	KSZE-Seminar	global
<b>1994</b>	<b>Gesamteuropäischer Prozeß K&amp;I</b>	<b>Europa</b>
1995	Montreal Prozeß ("Montreal K&I") Tarapoto K&I CSD-IPF Topic FAO/UNEP Dry Zone Africa	Temp. Gebiete außerh. Europas Amazonas global Afrika
1996	FAO/UNEP Near East	naher Osten
1997	FAO/UNEP Central America	Zentralamerika

Die erste internationale Organisation, welche einen Satz von Kriterien und Indikatoren für NWB vorlegte, war 1992 die International Tropical Timber Organisation (ITTO) mit einer Liste von 5 Kriterien und 27 "möglichen Indikatoren". Im Jahr 1993 wurde unter dem Namen der Konferenz zur Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa (KSZE) ein global wissenschaftlich – technisches Seminar abgehalten. Als Ergebnis des Seminars wurde ein vorläufiges Set an Kriterien und möglichen Indikatoren vorgelegt, welches in der Folge die vielleicht wesentlichste Referenz für die Folgeprozesse darstellte.

In Europa beschäftigten sich die Mitgliedsstaaten des Gesamteuropäischen Ministerkonferenzprozesses zum Schutz der Wälder in Europa (Gesamteuropäischer Prozeß) im Zuge des Nachfolgeprozesses der 1993 verabschiedeten Resolutionen H1 "Generelle Richtlinien zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Europa" und H2 "Generelle Richtlinien zum Schutz der Biodiversität in Europa" intensiv mit der Ausarbeitung von Kriterien und Indikatoren zur Messung von Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung. Die Ergebnisse sollen vor allem der international akkordierten nationalen Berichterstattung zur Nachhaltigkeit der Wälder bzw. der Waldbewirtschaftung in Europa dienen. Im Jahr 1994 wurden dazu 6 Kriterien und 27 "bestmöglich geeignete quantitative Indikatoren" für die Messung auf nationaler Ebene angenommen. Im darauffolgenden Jahr wurden diesem Satz an Indikatoren weitere "deskriptive" Indikatoren hinzugefügt. Österreich hat als Signatarstaat an der Erarbeitung dieser Indikatoren mitgearbeitet und beteiligt sich aktiv an dem hier aufgebauten freiwilligen Berichtswesen.

Indikatorensets für den Bereich Wald wurden darüber hinaus von einer Palette von Institutionen auf unterschiedlicher Ebene mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen und für unterschiedliche Zwecke erarbeitet. Die politisch und inhaltlich federführenden Institutionen, welche öko-

logische Indikatorensets für Waldbelange erarbeiteten, sind in der Regel entweder direkt internationale Regierungsprozesse (UN-CSD, Gesamteuropäischer Prozeß, Alpenkonvention), oder staatliche bzw. „staatsnahe“ Institutionen (OECD, EUROSTAT, EEA, ÖSTAT). Daneben finden sich aber auch wesentliche Arbeiten der Wissenschaft sowie von Umweltschutzgruppen (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Bestehende Indikatorensets im Bereich Wald.

Regionaler Bezug	Prozesse, Organisationen und Erhebungssysteme
Global	UN-CSD, OECD
Europa	Gesamteuropäischer Prozeß Waldschäden-Beobachtungssystem (WBS) WWF-Scorecards EUROSTAT EEA
Regionen in Europa	ABIS (Alpen-Informationssystem)
Österreich	Ö. Waldinventur Waldboden-Zustandsinventur (WBZI) Bioindikatorennetz Hemerobie ÖSTAT

Die von diesen verschiedenen Institutionen vorliegenden Indikatorensets zum Bereich Wald unterscheiden sich in einer ganzen Reihe von Punkten. So sind

- die inhaltlichen Schwerpunkte (Zustand, Veränderung, Ursachen, Wirkung sowie Raum- u. Zeitbezug),
- der Detailgrad der Erhebung und Aggregationsniveau (Anzahl der Indikatoren)
- der konzeptuelle/methodische Aufbau des Indikatorensets
- die Definitionen, Erhebungs- und Auswertemethodik

jeweils an die unterschiedlichen Erhebungsziele des Indikatorensets angepaßt.

Folgende für den Waldbereich relevante Indikatorensets definieren die Messung von „Nachhaltigkeit“ als Ziel (siehe Tabelle 3): Auf globaler Ebene beschäftigt sich die UN-Commission on Sustainable Development (UN-CSD) mit dem Aufbau eines umfassenden Indikatorensets zur Messung von und Berichterstattung über die nachhaltige Entwicklung. Auf europäischer Ebene beschäftigen sich vor allem der „Gesamteuropäische Prozeß“ spezifisch mit Wald sowie im Rahmen eines umfassenden Umweltberichtswesens, EUROSTAT und die European Environmental Agency.

Tab. 3: Internationale Initiativen zur Entwicklung von Indikatorensets zur Nachhaltigkeitsmessung im Waldbereich.

Initiative	Meßziel	Anzahl der Indikatoren
UN-CSD	nachhaltige Entwicklung	4
Gesamteuropäischer Prozeß	nachhaltige Waldbewirtschaftung	27
EUROSTAT bzw. EEA	Operationalisierung des EU-Rahmenprogramms „Towards Sustainability“	ca. 6

Die Indikatorensets der UN-CSD sowie der Ansatz von EUROSTAT bzw. der European Environmental Agency (EEA) verwenden als methodischen Rahmen das von der OECD ausgearbeitete Konzept der „Pressure (bzw. Driving Force) – State – Response Indicators“. Den bei weitem ausführlichsten Ansatz stellt jedoch das im Rahmen des „Ministerprozesses zum Schutz der Wälder in Europa“ erarbeitete Set von Kriterien und Indikatoren dar. Der Gesamteuropäische Prozeß basiert auf einer Liste von Teilzielen in bezug auf nachhaltige Waldbewirtschaftung. Pro Teilziel, den sogenannten „Kriterien“, werden quantitative und qualitative Indikatoren spezifiziert.

Dieses Set an Indikatoren ist bereits europaweit politisch akkordiert. Es wurde im Juni 1998 anlässlich der 3. Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa von 36 Signatarstaaten als Teil der sogenannten „Lissabon Resolution L2“ angenommen. Es bildet dadurch einen idealen Referenzpunkt zur Erarbeitung des österreichischen Umweltindikatorensets für den Bereich Wald.

#### 4 DIE ERARBEITUNG EINES ÖSTERREICHISCHEN INDIKATORENSETS FÜR DEN BEREICH WALD

Zur Erarbeitung eines österreichischen Sets an Umweltindikatoren zum Themenbereich Wald wurden die Meßziele und die inhaltlichen Schwerpunkte im Rahmen dieses Workshops bereits festgelegt: Das Ziel ist ein Set von Maßzahlen zur Dokumentation der Umweltsituation auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Der inhaltliche Schwerpunkt soll bei Indikatoren für regionale und nationale Zustände und Veränderungen liegen.

Offen blieben bei der Ausrichtung des Workshops der methodische Aufbau des Indikatorensets (Driving Force – State – Response, Liste an politischen Zielen), der Detailgrad der Erhebung (Informationseffektivität und -effizienz), die Frage einheitlicher Definitionen, Erhebungs- und Auswertemethoden sowie weiters die Überschneidungen und Parallelitäten von Akteuren, Konzepten, und Inhalten und die Einbindung in nationale und internationale Reportingsysteme.

Die folgende Übersicht gibt Aufschluß über Aufbau und Inhalt des Referenzsets des Gesamteuropäischen Prozesses:

Tab.4: Übersicht über das Indikatorenset des Gesamteuropäischen Prozesses.

Ziel	Messung nachhaltiger Waldbewirtschaftung auf nationaler Ebene
Methodik	Kriterien definieren Teilziele u. damit Teilmeßbereiche Quantitative und qualitative Indikatoren
Gliederung	Nach 6 politischen Zielen („Kriterien“) Forstliche Ressourcen Gesundheit, Vitalität Biodiversität Produktive Funktionen (Holz und Nichtholzprodukte) Schutzfunktionen (insbes. Boden und Wasser) Sonstige sozioökonomische funktionen
Indikatoren	27 quantitative Indikatoren (siehe Tabelle 5) Deskriptive Indikatoren zur Beschreibung der Rahmenbedingungen
Verwendung	Akkordiertes nationales Reporting im Gesamteuropäischen Prozeß zum Schutz der Wälder in Europa

Die folgende Tabelle (Tab. 5) gibt eine Übersicht über die 6 Kriterien und die zugeordneten 27 quantitativen Indikatoren.

Tab. 5: Kriterien und quantitative Indikatoren des Gesamteuropäischen Prozesses.

Kriterien	Quantitative Indikatoren
1. Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und ihr Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen	<p>1.1. Waldfläche und andere bewaldete Flächen und Veränderung dieser Flächen (wenn möglich, eingeteilt nach Wald- und Vegetationstyp, Eigentumsstruktur, Altersstruktur und Ursprung des Waldes)</p> <p>1.2. Veränderungen</p> <p>a. des Gesamtvorrates</p> <p>b. des mittleren Holzvorrates auf Waldflächen (wenn möglich, eingeteilt nach verschiedenen Vegetationszonen oder Standortklassen)</p> <p>c. der Altersstruktur oder der entsprechenden Verteilung der Durchmesserklassen</p> <p>1.3. Gesamter Kohlenstoffvorrat und Änderungen des Vorrats in den Waldbeständen</p>
2. Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Wald-ökosystemen	<p>2.1. Gesamtmenge der Ablagerung luftverunreinigender Substanzen und deren Veränderung innerhalb der letzten 5 Jahre (bewertet auf permanenten Probeflächen).</p> <p>2.2. Veränderungen des schwerwiegenden Blatt- bzw. Nadelverlustes von Wäldern innerhalb der letzten 5 Jahre unter Verwendung der Klassifizierung von UN/ECE und EU für den Blatt-/Nadelverlust (Klassen 2, 3 und 4).</p> <p>2.3. Schwerwiegende Schäden durch biotische und abiotische Verursacher:</p> <p>a. schwerwiegende Schäden durch Insekten und Krankheiten, wobei das Ausmaß des Schadens als Funktion (der Mortalität oder) des Zuwachsverlustes gemessen wird</p> <p>b. jährliche Waldbrandfläche oder Brandfläche anderer bewaldeter Gebiete</p> <p>c. jährliche Sturmschadensfläche und die auf diesen Flächen geerntete Holzmenge</p> <p>d. Anteil der Verjüngungsflächen, die durch Wild oder andere Tiere oder durch Abweidung schwerwiegend geschädigt wurden</p> <p>2.4. Veränderungen des Nährstoffgleichgewichts und der Bodenversauerung innerhalb der letzten 10 Jahre (pH und CEC); Grad der CEC-Sättigung auf den Versuchsfeldern des europäischen Netzes oder eines entsprechenden nationalen Netzes</p>
3. Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder (Holz- und Nichtholzprodukte)	<p>3.1. Gleichgewicht zwischen Holzzuwachs und -entnahmen während der letzten 10 Jahre</p> <p>3.2. Prozentsatz jener Waldflächen, die nach Bewirtschaftungsplänen oder nach Bewirtschaftungsrichtlinien bewirtschaftet werden.</p> <p>3.3. Gesamtmenge an und Änderungen in Wert und/oder Menge von Nichtholzprodukten (z. B. Jagd und Wild, Kork, Beeren, Pilze etc.)</p>
4. Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Wald-ökosystemen	<p>4.1. Flächenveränderungen von:</p> <p>a. natürlichen und alten naturnahen Waldtypen</p> <p>b. streng geschützten Waldschutzgebieten</p> <p>c. durch spezielle Bewirtschaftungssysteme geschützten Wäldern</p> <p>4.2. Veränderungen der Anzahl und des Prozentsatzes gefährdeter Arten in bezug auf die Gesamtartenzahl in Wäldern (unter Verwendung von Referenzlisten, z. B. von IUCN, Europarat oder der EU-Habitatrichtlinie)</p> <p>4.3. Veränderungen der Flächenanteile von Beständen, die für Schutz und Nutzung von forstgenetischen Ressourcen (Generhaltungswälder, Saatguterntebestände etc.) bewirtschaftet werden; Unterscheidung zwischen einheimischen und eingebürgerten Arten</p> <p>4.4. Veränderungen der Flächenanteile von Mischbeständen mit 2-3 Baumarten</p> <p>4.5. Anteil der jährlichen Naturverjüngungsfläche an der gesamten Verjüngungsfläche</p>

Kriterien	Quantitative Indikatoren
5. Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Boden u. Wasser)	5.1. Anteil der Waldfläche, die vorwiegend zum Schutz des Bodens bewirtschaftet wird 5.2. Anteil der Waldfläche, die vorwiegend für den Wasserschutz bewirtschaftet wird
6. Erhaltung anderer sozio-ökonomischer Funktionen und Bedingungen	6.1 Anteil des Forstsektors am Bruttosozialprodukt 6.2 Bereitstellung von Erholungsmöglichkeiten: Waldfläche mit öffentlichem Zugang pro Einwohner in % der gesamten Waldfläche 6.3 Veränderung der Beschäftigungsrate in der Forstwirtschaft, speziell in ländlichen Gebieten (Beschäftigte in der Forstwirtschaft, Holzernte und Holzwirtschaft)

Zur weiteren Vorgangsweise zur Erarbeitung eines für Österreich akkordierten Indikatorensets sind folgende Schritte empfehlenswert:

1. Prüfung der **Relevanz** jedes einzelnen der Indikatoren des bestehenden Sets des Gesamteuropäischen Prozesses für die österreichischen Verhältnisse.
2. Prüfung der **Vollständigkeit** des Indikatorensets.  
Hier können als Referenzen vor allem jene Indikatorensets als Hintergrundmaterial herangezogen werden, die in Tabelle 1 angeführt wurden. Eine ganze Reihe der in den verschiedenen Initiativen verwendeten Indikatorensets sind jedoch bereits im vorliegenden Set enthalten. Dies gilt z. B. für die Indikatoren des UN-CSD, von EUROSTAT, EEA, WBZI, WBS und zum Gutteil jene der Waldinventur. Andere Erhebungen, wie jene zur Hemerobiestudie oder jene der WWF – Scorecards können auf mögliche Eignung überprüft werden. Darüber hinaus ist auch etwaiger zukünftiger Informationsbedarf zu prüfen.
3. Prüfung der **Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Erhebungseffizienz** der bestehenden sowie der möglicherweise aufzunehmenden Indikatoren.
4. Prüfung der thematischen **Überschneidungen** mit anderen Bereichen, wie z. B. Landnutzung, Boden, Biodiversität, Wasser.
5. Feststellung des weiteren **Handlungsbedarfes**. Dies betrifft Fragen wie die Feststellung bzw. Festlegung von Sollwerten, mögliche bzw. wünschenswerte Aggregationsniveaus von Daten, Einbindung in existierende nationale und internationale Sets und die Lösung von dabei auftretenden Problematiken wie Definitionen, Datenerhebungsmethoden und dergleichen.

Dieser Workshop ermöglicht eine breite Diskussion unterschiedlicher Interessensparteien über sinnvoll anzuwendende Indikatoren zur Messung von Nachhaltigkeitsaspekten im Bereich Wald. Es wäre wünschenswert, wenn diese Möglichkeit sowohl innerhalb des Arbeitskreises Wald als auch zwischen unterschiedlichen Themenkreisen fruchtbringend genutzt würde, um in diesem gesellschaftlich höchst relevanten Thema der nachhaltigen Entwicklung einen Schritt weiter in Richtung ihrer Umsetzung zu kommen.

## 5 LITERATUR

- EEA (1998): Leitlinien für die Sammlung von Daten für den Dobris+3-Bericht; European Environmental Agency, Kopenhagen.
- FAO (1997): WIJEWARDANA, D.; CASWELL, S. J. & PALMBERG-LERCHE, C.: Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management; Paper to Topic 37; Proceedings of the XI World Forestry Congress Vol 6.
- ISCI (1996): Intergovernmental Seminar on Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management – Final document, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, Finland.
- KILLIAN Herbert (1994): Das Prinzip der Nachhaltigkeit aus forsthistorischer Sicht; in: Journal für Entwicklungspolitik X Jg. 3/1994, S. 255-282.
- MINISTERIAL CONFERENCE (1994): European Criteria and Most Suitable Quantitative Indicators for Sustainable Forest Management, Ministry of Agriculture and Forestry Liaison Unit Helsinki, Finland Montreal Process (1996): <http://www.iisd.ca/linkages/forestry/mont.html>.
- MONTREAL PROCESS (1995): Santiago Declaration; Chile.
- OECD (1995): OECD Core Set of Environmental Indicators: Forest Resources. OECD Group of the State of Environment. Working Paper; Paris.
- RAMETSTEINER E. (1998): "SFM-Indicators as Tools in Political and Economic Contexts" Proceedings of the IUFRO/FAO/CIFOR Conference on Indicators for Sustainable Forest Management 24.-28.8.1998; Melbourne, Australien.
- UN (1996): "Indicators of Sustainable Development – Framework and Methodologies"; United Nations, New York.
- UN-CSD/IPF (1996): Scientific research, forest assessment and development of criteria and indicators for sustainable forest management; E/CN.17/IPF/1996/10.
- WWF (1998): WWF-Scorecards; WWF-International, Gland, Switzerland.

## **ARBEITSKREIS WALD**

### **Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

**Moderator:** *Peter Glück;*  
*Universität für Bodenkultur, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft*

**Teilnehmer:**

*Alexander Buck (Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa; Liaison Unit Wien);*  
*Susanne Gerhold (Österreichische Statistische Zentralamt Abt. 8/Umwelt);*  
*Sepp Hackl (Umweltbundesamt, Abt. Wald);*  
*Felix Heckl (Umweltbundesamt, Abt. Wald);*  
*Jörg Heumader (Forsttechnischer Dienst f. Wildbach- u. Lawinerverbauung);*  
*Eduard Hochbichler (Universität für Bodenkultur, Institut f. Waldbau);*  
*Sigbert Huber (Umweltbundesamt, Abt. Terrestrische Ökologie);*  
*Wolfgang Kudjelka (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. V B5);*  
*Heinz Lick (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung für das Forstwesen);*  
*Gabriele Loeffler-Obermayer (Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Abt. II / 5);*  
*Peter Mayer (Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, Liaison Unit Wien);*  
*Heinz Piglmann (Niederösterreichische Landesregierung, Abt. Forstwirtschaft);*  
*Werner Pillmann (Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen);*  
*Gerald Plattner (Österreichische Bundesforste – AG);*  
*Ewald Rametsteiner (Universität für Bodenkultur,*  
*Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft);*  
*Friedrich Reimoser (Veterinärmedizinische Universität Wien,*  
*Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie);*  
*Manfred Sammer (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. V B4);*  
*Susanne Schidler (Institut für Industrielle Ökologie);*  
*Karl Schieler (Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Waldinventur);*  
*Gerald Steindlegger (WWF Österreich);*  
*Friedrich Völk (Universität für Bodenkultur, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft);*  
*Günter Walkner (Hauptverband der Land- und Forstwirtschaftsbetriebe).*

## **1 DISKUSSIONSGRUNDLAGEN**

Als Grundlage für die Diskussionen dienten zum einen vorbereitete Unterlagen des UBA, in denen nationale und internationale Indikatorensets stichwortartig den Indikatoren des Paneuropäischen Forstministerprozesses (PEFP) gegenübergestellt wurden (siehe Tabelle 1 und 2). Zum anderen bauten die Gespräche auf einem Impulsreferat von Ewald Rametsteiner (siehe dort) auf. Eingangs schlug Univ.-Prof. Dr. Peter Glück, der als Moderator fungierte, vor, die paneuropäischen Indikatoren als Basis für die Diskussion heranzuziehen. Dem wurde zugestimmt, da es sich bei diesem Indikatorenset um ein international und national akkordiertes Papier handelt. Darüber hinaus hat sich Österreich zur Umsetzung dieser Indikatoren verpflichtet. Für diesen Vorschlag sprach auch, daß die im PEFP festgelegten Indikatoren inhaltlich beinahe alle anderen internationalen Indikatorensets abdecken bzw. darüber hinaus gehen.

Die dem Workshop allgemein vorgegebene Matrix stellte der Formulierung von Indikatoren die Formulierung von Fragestellungen voran. Im AK Wald wurden die Kriterien des PEFP als Fragestellungen im Sinne der Matrix übernommen. Die Diskussion der paneuropäischen Indikatoren im AK erfolgte insbesondere unter Beachtung folgender Aspekte:

- Umweltrelevanz
- Praktikabilität

- Bestimmtheitsgrad
- Definitionen
- Datenverfügbarkeit
- Verhältnis von Aufwand zu Aussagekraft
- Verständlichkeit (auch im Hinblick auf politische Umsetzung)
- Verfügbarkeit von Soll-Größen
- Verschneidung mit anderen umweltrelevanten Nachhaltigkeitsbereichen sowie
- Handlungsbedarf.

Eine Diskussion über die Einteilung von Indikatoren in Driving Force/State/Response – Kategorien wurde aus Zeitgründen nicht für sinnvoll erachtet. Zudem wurde die Sinnhaftigkeit der Response Indikatoren generell in Frage gestellt (siehe auch Plenardiskussion). Allenfalls könnte in einem nächsten Diskussionsschritt eine einfache Zuordnung in einer eigenen Spalte der Matrix erfolgen.

Grundsätzlich wurde in der Diskussion weniger Gewicht auf die technischen Aspekte wie Meßgrößen und Erhebungshäufigkeit gelegt, da diese in einem weiteren Schritt auf der jeweils fachspezifischen Expertenebene diskutiert werden sollten. Die Befüllung der Matrix erfolgte daher im wesentlichen unter Zuhilfenahme der diesbezüglichen Angaben im Annex III des „Interim Report on the Follow-up of the Second Ministerial Conference – Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993 in Helsinki“, Helsinki 1995. Allerdings wurde auch hier z. T. festgestellt, daß Abweichungen von den dortigen Vorgaben erforderlich sein können. Maßgebliche Gründe dafür sind unterschiedliche Ebenen der Befundeinheiten bzw. die verfügbare Datenlage.

## 2 ERGEBNISSE DER DISKUSSIONEN

Die im PEFP angeführten sozialen und ökonomischen Indikatoren wurden grundsätzlich auch als umweltrelevant eingestuft und daher als zur Aufgabenstellung dieses Workshops passend angesehen.

Bei zahlreichen Indikatoren wurde festgestellt, daß SOLL-Größen weitgehend fehlen (ad SOLL-Größen siehe auch Plenardiskussion). Obwohl diese SOLL-Größen auf Expertenebene teilweise leicht formulierbar sind und bereits formuliert wurden, besteht bei vielen Indikatoren noch Handlungsbedarf in der politischen Akkordierung. Dies gilt insbesondere bei regional unterschiedlich zu definierenden Größen. So ist etwa die Erhaltung oder Vergrößerung der Waldfläche auf nationaler Ebene sinnvoll, nicht notwendigerweise jedoch auf Bezirksebene. Die angestrebte Waldausstattung muß daher von den betroffenen Entscheidungsträgern unter Berücksichtigung aller Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte festgelegt werden. Dies könnte auch in eine Verringerung des Waldflächenanteils münden. Dies ist ein Beispiel für eine Reihe von Indikatoren, deren Aussagekraft und Anwendbarkeit räumlich begrenzt und im Einzelfall zu überprüfen sind.

Bei mehreren Indikatoren wurden erhebliche Mängel in bezug auf ihre Definitionen bzw. ihren Bestimmtheitsgrad festgestellt. Begriffe wie „schwerwiegende Schäden“ oder nicht näher definierte, unklare Schutzkategorien schmälern die Aussagekraft. Unter Umständen wird ein Indikator dadurch unbrauchbar. Weitere Beispiele: Fehlen einer internationalen Walddefinition, was umfaßt ein Management Plan?

Handlungsbedarf besteht auch bei der Auswahl geeigneter Darstellungsverfahren zur bestmöglichen Aussagekraft und Interpretation der Indikatoren (z. B. Karten) insbesondere im

Zusammenhang mit internationalen Vergleichen. Auch wurde das Problem der unzureichenden Datenlage und das Fehlen geeigneter und vergleichbarer Erhebungsmethoden (z. B.: Waldbiotopkartierung) bei einigen Indikatoren deutlich.

Bei der Verschneidung mit anderen Themenbereichen war der Bezug oft sehr einfach herzustellen (auch mit Medien/Nutzungen, die nicht in diesem Workshop behandelt wurden wie z. B. Luft oder Verkehr). Wie wichtig solche Verschneidungen sind, zeigt auch die Tatsache, daß einzelne Indikatoren nur im Zusammenhang mit anderen Faktoren ausreichend und sinnvoll interpretiert werden können (etwa Blatt- und Nadelverluste mit Klima, Luft etc.). Es dürften sich beispielsweise zwischen den Bereichen „Biologische Vielfalt“ und Wald hervorragende Synergien über die neu definierten Indikatoren „Überschirmung“ (4.7), „Schichtung“ (4.8) und „Fragmentierung, Korridore, Randlinien“ (4.9) ergeben. Grundsätzlich muß aber festgehalten werden, daß aufgrund der vorgegebenen Zeit das gesamte Verschneidungspotential sicherlich nicht vollständig erfaßt werden konnte.

### 3 ERGEBNISMATRIX

In der Matrix in Tab. 3 finden sich die Ergebnisse der AK-Diskussionen in Stichworten.

Neue Vorschläge für Indikatoren,

- die zur Präzisierung der Indikatoren des PEFP dienen (z. B. Waldausstattung, 1.1) oder
- die nicht als genügend berücksichtigt erachtet wurden (z. B. Fauna 4.7., 4.8.) sowie
- Indikatoren, die zur Verbesserung der Abbildung der spezifischen österreichischen Verhältnisse beitragen können (z. B. Schutzwald 5.3)

sind in der Matrix **fett** dargestellt. Jene, die zwar ergänzt werden könnten, zu denen aber keine gemeinsame abschließende Meinung/Formulierung gefunden werden konnte, sind in der Matrix *kursiv* markiert. Dort, wo in der AK-Diskussion keine konkreten Angaben zustande kamen bzw. im Annex des Helsinki Reports (siehe oben) keine zufriedenstellenden Daten abgeleitet werden konnten, wurden die Felder leer gelassen.

### 4 ZUSAMMENFASSENDE WERTUNG

Die durchwegs sachliche und konstruktive Diskussion im Arbeitskreis läßt folgende Schlußfolgerungen für den Bereich Wald – Umweltindikatoren zu:

- Die im Paneuropäischen Forstministerprozeß zum Schutz der Wälder vorgelegten und beschlossenen Indikatoren bieten eine gute Basis für die Zusammenstellung eines österreichweiten und medienübergreifenden Umweltindikatorensatzes.
- Für Bereiche, die darin nicht oder unbefriedigend abgedeckt sind, konnten neue Indikatorenvorschläge erarbeitet werden.
- Es konnten zahlreiche Hinweise zum Handlungsbedarf im Zusammenhang mit der Umsetzung des Indikatorensatzes gefunden werden (Datenverfügbarkeit, Methodenvergleichbarkeit, Darstellung von Ergebnissen, Schwächen von Definitionen und Bestimmtheitsgraden und vor allem Sollgrößendiskussion).
- Im Hinblick auf einen möglichst knappen Umfang eines gesamten österreichrelevanten Umwelt-Indikatorensatzes sind gute Verschneidungsmöglichkeiten der Wald/Umwelt-Indikatoren mit Indikatoren anderer Medien/Nutzungen absehbar.

Tab. 1: Die quantitativen Indikatoren des Paneuropäischen Prozesses und ihre Entsprechungen in vergleichbaren Indikatorensets.

Die vorliegende Matrix soll als Diskussionsgrundlage dienen und stellt daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Übersetzung der englisch publizierten Kriterien und Indikatoren ist gekürzt und gibt deren Inhalt teilweise nur stichwortartig oder sinngemäß wieder.

**Legende:** **X**.....abgedeckt **XX**.....über Indikator des Paneuropäischen Prozesses hinausgehend  
**x**.....teilweise abgedeckt **(X)**.....aus erhobenen Parametern ableitbar

PROZESS:		Pan-europäischer Prozeß	UNCSD	OECD	EURO-STAT	ABIS	WWF	ÖWI, WBS, BIN, WBZI	HÖW	ÖSTAT
Kriterium	Indikator									
1. Erhaltung und geeignete Anhebung der Waldressourcen und ihres Beitrages zum globalen Kohlenstoffzyklus	1.1 Waldfläche bzw. Waldflächenveränderungen	X	X	X		(X)	X	X	x	
	1.2 Veränderungen des Vorrates bzw. der Altersstruktur	X		X			X	X	x	
	1.3 C-Gesamtspeicherung bzw. deren Änderungen	X						(X)		
2. Erhaltung der Gesundheit und Vitalität der Waldökosysteme	2.1 Menge bzw. Veränderung der Schadstoffdepositionen	X						X		
	2.2 Nadel/Blattverlust-Entwicklung nach UN/ECE-Klassifikation	X		x				X		
	2.3 Waldschäden aufgrund biotischer und abiotischer Faktoren (Insekten, Wild, Feuer, Sturm)	X		x		x		X		X
	2.4 Veränderung der Nährstoffversorgung und Bodenversauerung	X			x	x		x		
3. Erhaltung und Förderung der Nutzfunktionen der Wälder (Holz- und Nicht-Holzproduktion)	3.1 Nachhaltigkeit der Holzproduktion	X	X	X	X		XX	X		
	3.2 Anteil jener Waldfläche, die basierend auf einem Bewirtschaftungsplan oder -richtlinien bewirtschaftet werden	X	X				XX	x		
	3.3 Wertschöpfung aus Nicht-Holz-Produkten (Jagd etc.) und deren Änderung	X					X			

PROZESS:		Pan-europäischer Prozeß	UNCSD	OECD	EURO-STAT	ABIS	WWF	ÖWI, WBS, BIN, WBZI	HÖW	ÖSTAT
Kriterium	Indikator									
4. Erhaltung, Schutz und geeignete Anhebung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen	4.1 Flächenveränderung									
	4.1.1 Flächenveränderungen natürlicher und naturnaher Wälder	X			x		X			X
	4.1.2 Flächenänderungen streng geschützter Waldreservate	X	X	X			X	X		
	4.1.3 Flächenänderungen von Wäldern, die durch eine besond. Bewirtschaftungsform geschützt werden	X	X			X	X	X		
	4.2 Veränderungen in Anzahl und Anteil bedrohter Arten in Waldökosystemen	X					X			
	4.3 Veränderungen von Generhaltungsbeständen	X					x	X		
	4.4 Veränderungen der Anteile von Mischwaldbeständen	X			x		X	X	X	X
4.5 Anteil der Naturverjüngung an der gesamten jährlichen Verjüngungsfläche	X							XX	X	
5. Erhaltung und geeignete Anhebung der Schutzfunktionen im Rahmen der Waldbewirtschaftung (insbes. Boden und Wasser)	5.1 Anteil der Bodenschutz-Waldfläche	X					X			
	5.2 Anteil der Wasserschutz-Waldfläche	X					X			
6. Erhaltung anderer sozioökonomischer Funktionen und Verhältnisse	6.1 Anteil der Forstwirtschaft am BNP	X			(X)		X			X
	6.2 Anteil an Erholungswaldfläche pro Einwohner	X					X	(X)		
	6.3 Änderungen in d. Beschäftigungsrate in d. Forstwirtsch.	X					x			X

Tab.2: Zusammenstellung von wichtigen österreich- und waldrelevanten Indikatorensets (gekürzt).

**Legende:** **ABIS** ..... Alpen-Beobachtungs-Informationen-System der Alpenkonvention  
**BIN** ..... Bioindikatorennetz  
**BMLF** ..... Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft  
**EEA** ..... European Environment Agency  
**FBVA** ..... Forstliche Bundesversuchsanstalt  
**HÖW** ..... Hemerobie österreichischer Waldökosysteme  
**OECD** ..... Organisation for Economic Co-Operation and Development  
**ÖSTAT** ..... Österreichisches Statistisches Zentralamt  
**ÖWI** ..... Österreichische Waldinventur  
**Paneuropäischer Prozeß** ..... 2. Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, Helsinki 1993  
**UNCSD** ..... UN Commission on Sustainable Development  
**WBS** ..... Waldschaden-Beobachtungssystem  
**WBZI** ..... Waldboden-Zustandsinventur  
**WWF** ..... European Forest Scorecards 1998

Prozeß	räumlicher Bezug	Kriterium	Indikator
UNCSD	global		Forest Area Change Wood Harvesting intensity Managed forest area ratio Protected forest area as a percent of total forest area
OECD	global		Production of wood and wood products Trade in wood and wood products Intensity of use of forest resources (harvest as % of annual growth) Area of forest and wooded land (as % of land area) Disturbed and deteriorated forests Protected forest areas Regeneration or afforestation rate of harvested areas
EEA	Europa	Acidification	Acidification effects: Forest damage/defoliation
EUROSTAT	Europa	Resource Depletion	Nutrient-balance of the soil (nutrient input/nutrient output) Timber balance (new growth/harvest)
		Loss of Biodiversity	Fragmentation of forests & landscapes by roads/intersections Clearance of natural & semi-natural forested areas
ABIS	Alpen	Types of stands	Area of broad-leaved forests Area of coniferous forests Area of mixed stands
		Pressures/Threats on forests	Area of forest clearings Acidification of forest ecosystems Areas with damages caused by biotic agents Number of forest fires' breaking points Area of burnt forests
		Function of the forests	Forest area managed for protection against natural hazards Area managed for recreation purposes

Prozeß	räumlicher Bezug	Kriterium	Indikator
Pan-europäischer Prozeß	Europa	6 Kriterien unterteilt in "concept areas"	Mit qualitativen (descriptive) und 27 quantitativen Indikatoren
WWF	Europa	Forestry-Production Forestry-Environment Forestry-Social/cultural Cross-cutting elements Protected areas Pollution	91 quantitative und qualitative Indikatoren anhand deren der Zustand der europäischen Wälder und die Waldpolitiken der einzelnen Länder ("European Forest Scorecards 1998") beurteilt wurde
Hemirobie österreichischer Wald-ökosysteme (HÖW)	Österreich	Naturnähe d. Baumarten Naturnähe der Bodenvegetation Verjüngungsart Fläche d. Freiverjüngung Nutzung/Beeinflußung Entwicklungsstufe Altersstruktur Totholz Bestandesaufbau Diversität d. Baumarten Diversität d. Krautschicht	Vielzahl von Parametern und Indikatoren wie z. B.: Nutzungsart ( <i>forstliche, touristische, Waldweide etc.</i> ) Forstliche Endnutzung <b>Intensitätsstufe</b> ( <i>Einzelstammnutzung, Klein-, Großkahlschlag</i> )
Erhebungen der Forstbehörden (BMLF) und der FBVA: ÖWI, WBS, BIN, WBZI	Österreich		Erhebung einer Vielzahl von Parametern, die als Indikatoren für verschiedene Kriterien herangezogen werden können.
ÖSTAT	Österreich	Klimaveränderung Verlust der Artenvielfalt Ressourcenausbeutung	Sturmschaden: Abiotische Schäden durch Sturm, Schnee, Lawinen, Rauheif und Rutschungen in ha Fichtenanteil/Wald: Anteil Fichte am Ertragswald (ÖWI) Fichtenanteil/Wald: Anteil Fichte am Ertragswald (ÖWI) weitere statistische Erhebungen wie z. B. Waldfläche nach Kataster, land- und forstwirtschaftliche Betriebszählung etc.

Tab. 3: Ergebnismatrix Arbeitskreis Wald.

fett: .....neue Vorschläge für Indikatoren;

kursiv: .....Indikatoren ohne gemeinsame abschließende Meinung/Formulierung;

leere Felder: .....keine konkreten Angaben vorhanden.

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räuml. Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und ihr Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen	1.1 Waldfläche und deren Änderung	ha, %, ha/Altersklasse, ha/Typ	National, regional	5-10 Jahre	alle potentiellen Landnutzer	Sollgrößen nur durch Politik möglich; einheitliche internationale Definitionen für „Wald“ erforderlich
<i>Siehe oben</i>	<i>zu 1.1 Relative Waldausstattung („bewaldbare“ zu tatsächlich bewaldeter Fläche)</i>	%	<i>National, regional</i>	<i>Periode?</i>	<i>Landwirtschaft, Raumplanung</i>	
<i>Siehe oben</i>	<i>zu 1.1 Neuaufforstungen von landwirtschaftlichen Flächen</i>	ha	<i>National</i>	<i>Periode?</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
Siehe oben	1.2a-c Veränderungen des Gesamtvorrates, mittleren Holzvorrates und der Altersstruktur	m <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> /ha, m <sup>3</sup> /Alterskl., m <sup>3</sup> /Durchmesserkl.	National	5-10 Jahre	Energie, Biodiversität	Sollgrößen nur durch Politik möglich
Siehe oben	1.3 Kohlenstoffspeicherung und deren Änderung	kg/ha	National	5-10 Jahre	Wasser, Biodiversität, Landwirtschaft, Klima, Luft	Definition der Systemabgrenzung; Sinnhaftigkeit des Indikators prüfen
Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen	2.1 Menge und Veränderung der Schadstoffdeposition	S, N, Ozon, Schwermetalle jeweils kg/ha/Jahr	National, regional	Je nach Schadstoff	Luft, Energie, Landwirtschaft, Biodiversität	Einheitliche Meßmethoden; Definition der zu messenden Schadstoffe; kartographische Darstellung
Siehe oben	2.2 Blatt- und Nadelverluste und deren Veränderung	%	National, regional	Jährlich	Luft, Energie, Landwirtschaft, Biodiversität	Interpretation der Daten nur im Zusammenhang mit anderen Faktoren (z. B. Klima) möglich

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räuml. Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Siehe oben	2.3a-d schwerwiegende Schäden durch biotische und abiotische Faktoren und deren Veränderungen	ha/Jahr, m <sup>3</sup> /Jahr (Verteilungsmuster)	National, regional	Jährlich	Biodiversität, Naturschutz, Tourismus, Wasser	Definition „schwerwiegende“ Schäden (od. Einflüsse); ad a.-d. Meßbarkeit verdeutlichen; Klarstellungen notwendig hinsichtlich der Bestimmtheit
Siehe oben	2.4 Veränderungen des Nährstoffgleichgewichts	meq/g Boden, PH-Wert	National, regional	10 Jahre	Energie, Luft, Wasser	
	<b>2.5 Holzernteschäden</b>		<b>National, regional</b>	<b>5-10 Jahre</b>		<b>Nähere Beschreibung erforderlich (sind auch Bodenverdichtungen gemeint?)</b>
<i>Siehe oben</i>	<i>2.6 Baumartenverteilung</i>	%				
<b>Siehe oben</b>	<b>2.7 Nährstoffgehalt in Nadeln</b>	<b>N, P, K, Ca, Mg, S jeweils mg/g</b>	<b>National, regional</b>	<b>Periodisch (5 Jahre)</b>		
<b>Siehe oben</b>	<b>2.8 C/N-Verhältnis im Boden</b>		<b>National, regional</b>	<b>Periodisch (10 Jahre)</b>		
Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder	3.1 Holzzuwachs und Entnahme	m <sup>3</sup> /Jahr	National, regional	Periodisch	Energie	
Siehe oben	3.2 Anteil der Waldfläche, die nach Bewirtschaftungsplänen bewirtschaftet werden	ha, %	National, regional	Periodisch	Alle waldbezogenen Raumnutzer	Begriff „Management plan“ klären; Sollgrößen politisch entscheiden; „nur“ ein Wirtschaftsindikator
Siehe oben	3.3 Menge und Änderung von Nichtholzprodukten, auch wertmäßig	kg, Euro	National		keine	Kaum Daten verfügbar
<b>Siehe oben</b>	<b>3.4 Anteil der Verjüngungsverfahren (Kahlschlag etc.)</b>	<b>Jeweils %</b>				

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räuml. Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Siehe oben	<b>3.5 Dichte der befestigten Forststraßen aufgeteilt nach Wirtschafts- und Schutzwald</b>	lfm/ha	Regional			
Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosysteme	4.1a Flächenveränderungen natürlicher und naturnaher Wälder	ha	National, regional	Periodisch		Siehe 4.1d und 4.1e
Siehe oben	4.1b Flächenveränderung streng geschützter Wälder	ha	National, regional	Periodisch		Siehe 4.1d und 4.1e
Siehe oben	4.1c Flächenveränderung von Wäldern, die durch eine besondere Bewirtschaftungsform geschützt werden	ha	National, regional	Periodisch		Siehe 4.1d und 4.1e
Siehe oben	<b>4.1d Geschützte Waldfläche gegliedert nach IUCN, Natura 2000 Fläche und Flächenveränderung</b>	ha, %	National, regional	Periode?		<b>Kartographische Darstellung</b>
Siehe oben	<b>4.1e Naturnähe der Waldfläche (Hemerobie) Fläche und Flächenveränderung</b>	ha, %	National, regional	Periode?		
Siehe oben	4.2 Veränderung in Anzahl und Anteil bedrohter Arten in Wäldern	Anzahl, %	National regional	Periodisch	Biodiversität	Welche Liste wird zur Beurteilung herangezogen, ist die FFH-Richtlinie ausreichend
Siehe oben	4.3 Fläche und Flächenveränderung von Generhaltungsbeständen	ha	National	Periodisch	Biodiversität	
Siehe oben	4.4 Veränderung der Anteile von Mischwaldbeständen	ha	Regional	10 Jahre ?	Biodiversität	Abgedeckt durch 4.1e

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räuml. Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Siehe oben	4.5 Anteil der Naturverjüngung an der gesamten jährlichen Verjüngungsfläche	ha/Jahr	Regional	10 Jahre ?	Biodiversität	Klärung der Relevanz
Siehe oben	4.6 Volumen von stehendem und liegendem Totholz und dessen Änderung	m <sup>3</sup> , %		Periode?		Eventuell Probleme mit dem Forstgesetz klären
Siehe oben	4.7 Überschirmung	10 %-Stufen		Periode?		
Siehe oben	4.8 Schichtung	Ein-, zwei- und mehrschichtig		Periode?		
Siehe oben	4.9 Fragmentierung (durch Straßen, Bahn etc.), Korridore (Windschutzgürtel, Hecken etc.), Randlinien (innerhalb des Waldes und zwischen Wald und Nichtwald)	(Jeweils km/km <sup>2</sup> )	National, regional	Periode?		Klärung von Einheiten sowie Beurteilungsschemata
Siehe oben	4.10 Waldfläche mit besonderem ökologischen Wert und besonderem Management (old growth) und deren Veränderung	ha, %	National, regional	Periode?		Anmerkung: typischer response-Indikator
Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen in der Waldbewirtschaftung	5.1 Anteil der Bodenschutz-Waldfläche, <b>nach Altersklassen</b>	ha	National	Periodisch	Landwirtschaft	Definition „Wald zum Schutz des Bodens“
Siehe oben	5.2 Anteil der Wasserschutz-Waldfläche	ha	National	Periodisch	Wasser, Landwirtschaft	Problem Datenlage

Fragestellung	Indikator	Einheit	Räuml. Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
Siehe oben	<b>5.3 Anteil und Veränderung der Waldfläche zum Schutz vor Elementargefahren</b>	%		Periode?		<b>Definition klären „Waldfläche zum Schutz vor Elementargefahren“</b>
Erhaltung anderer sozio-ökonomischer Funktionen und Bedingungen	6.1 Anteil der Forstwirtschaft am BNP	%	National, regional			Der Soll-Wert muß politisch gefunden werden; nur für internationale Vergleiche relevant
Siehe oben	6.2 Anteil an der Erholungs-waldfläche pro Einwohner	ha	National, regional			keiner
Siehe oben	6.3 Änderung der Beschäftigungsrate in der Forstwirtschaft	Anzahl, %	National, regional			keiner
<i>Siehe oben</i>	<i>6.2 Anzahl und Aufenthalt der Besucher im Wald</i>	<i>Anzahl, %</i>	<i>National, regional</i>	<i>Periode?</i>	<i>Tourismus</i>	
<i>Siehe oben</i>	<i>6.4 Waldfläche, die für bestimmte Dienstleistungen zur Verfügung steht</i>	<i>Jeweils ha</i>	<i>National, regional</i>	<i>Periode?</i>	<i>Energie, Tourismus, Jagd</i>	<i>genauer definieren</i>

## ARBEITSKREIS LANDWIRTSCHAFT – IMPULSREFERATE

### UMWELTINDIKATOREN IN DER LANDWIRTSCHAFT – DAS OECD-KONZEPT

**Gerhard Zethner**  
Umweltbundesamt Wien

Vorweg ist eine Klarstellung notwendig, welche das Verständnis für die vorgetragenen Indikatoren schärfen soll. Meßgrößen oder „Indikatoren“ sollen nur im Zusammenhang mit der jeweiligen Fragestellung als Indikatoren genannt werden. Bei einigen Kenngrößen – etwa dem Verbraucherpreisindex – wissen wir bereits automatisch, daß dieser Index die Entwicklung der durchschnittlichen Lebenshaltungskosten abbildet. Bei den Umweltindikatoren ist diese Entwicklung erst am Beginn, sodaß eine gewisse Unsicherheit, Teilaspekte des komplexen Wirkgefüges Umwelt mit wenigen Indikatoren darstellen zu können, nur verständlich ist. Gleichzeitig besteht ein operationales Bedürfnis, Informationen auf kompakte Größen zu reduzieren. Diesem Bedürfnis folgend sollten daher die optimalsten Indikatoren gefunden werden, wozu dieser Beitrag jedenfalls dienen soll.

Mein Beitrag stützt sich überwiegend auf die bereits ausgearbeiteten oder in Abschluß befindlichen Indikatoren der OECD. Mein Kollege Dipl.-Ing. Helmuth Walter (BMLF) und ich sind Delegierte in dem gemeinsamen Forum (Joint Working Party) des Umwelt- und des Landwirtschaft-Komitees bei der OECD. In diesem Forum wird die hauptsächliche Arbeit der OECD zu den Agrar-Umweltindikatoren geleistet.

Zunächst stelle ich die zu behandelnden 6 Indikatorfelder Nährstoffbilanz, Pestizidverbrauch, Treibhausgas – Emissionen, umweltgerechte Produktionsweisen, Wasserverbrauch und die Bodenqualität vor. Davon sind jene Indikatoren dargestellt, die für dieses Feld – trotz Schwächen – derzeit als schlüssig angesehen werden. Ökonomische und soziale Aspekte, welche für alle Bereiche eine immanente Bedeutung haben, werden ausgeklammert, da ihre Entwicklung noch wenig vorangeschritten ist. Die sozio-ökonomischen Aspekte der Indikatoren müssen aber stets mitbedacht werden.

## 1 NÄHRSTOFFBILANZ

Dabei werden die Einträge an Stickstoff in Form von Mineraldünger, Stallmist und Deposition den Austrägen in den Erntemengen gegenübergestellt. Hohe Überschüsse lassen die generelle Vermutung einer höheren Umweltbelastung zu. Im Ländervergleich ist beispielsweise der Überschuß in manchen Ländern wie Österreich bei 30 kg N/ha, in anderen wie Belgien bei 180 kg N/ha gelegen. Bei der Einschätzung der potentiellen Umweltschädigung ist ein hoher Überschuß stets kritischer einzustufen, als ein niedriger Überschuß. Zu beachten ist aber die Niederschlagsmenge, die als gegenläufiges Phänomen in Rechnung zu stellen ist. In Abbildung 1 wird die Entwicklung der österreichischen Stickstoffbilanz über die Jahre dargestellt. Starke Ausschläge werden durch mäßige Erntemengen oder Vorziehkäufe von Mineraldüngern verursacht.

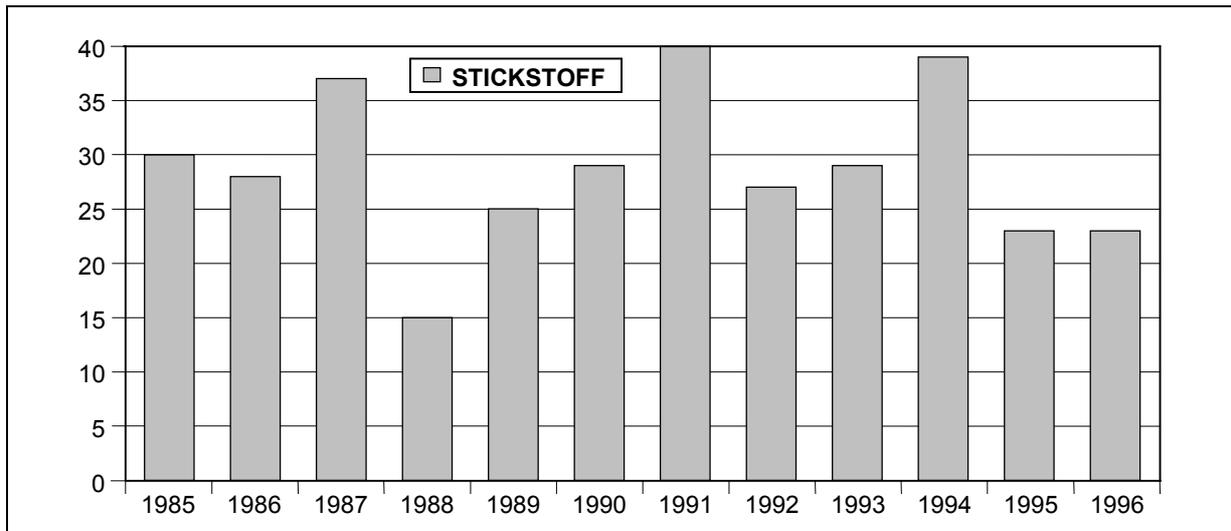


Abb. 1: Stickstoffbilanz Österreichs von 1985 bis 1996 in kg Stickstoff/ha LN.

Die OECD bevorzugte aus Datenverfügbarkeitsgründen die Flächenbilanz. Im Gegensatz dazu wäre die Hoftorbilanz als eine anspruchsvolle aber genauere Methode anzuführen. Die Datenbasis für die außenwirtschaftlichen Verhältnisse eines Betriebes, einer Region oder eines Staates ist jedoch zumeist nicht einfach verfügbar, sodaß die Flächenbilanz einen tragbaren Kompromiß darstellt.

Grundsätzlich ist neben der Stickstoffbilanz auch eine Phosphor- und Kaliumbilanz durchführbar. Durch die Festlegung bzw. Speicherbarkeit der beiden Elemente über eine längere Periode ist ein Zusammenhang zwischen Überschuß und Umweltbelastung nicht so eindeutig herstellbar. Es müßten daher mehrjährige Flußanalysen mit ev. zunehmenden Fehlerquellen für die Gesamtbeurteilung ausgearbeitet werden.

Die zur Ermittlung der Stickstoffbilanz verwendeten Koeffizienten werden im internationalen Prozeß zusammengeführt und verglichen. Die in Abbildung 2 gezeigte Zusammenstellung der Düngerwirkung von Milchkühen in Abhängigkeit von der Milchleistung zeigt für Österreich 1993 bis 1995 ein unterdurchschnittliches Stickstoffaufkommen.

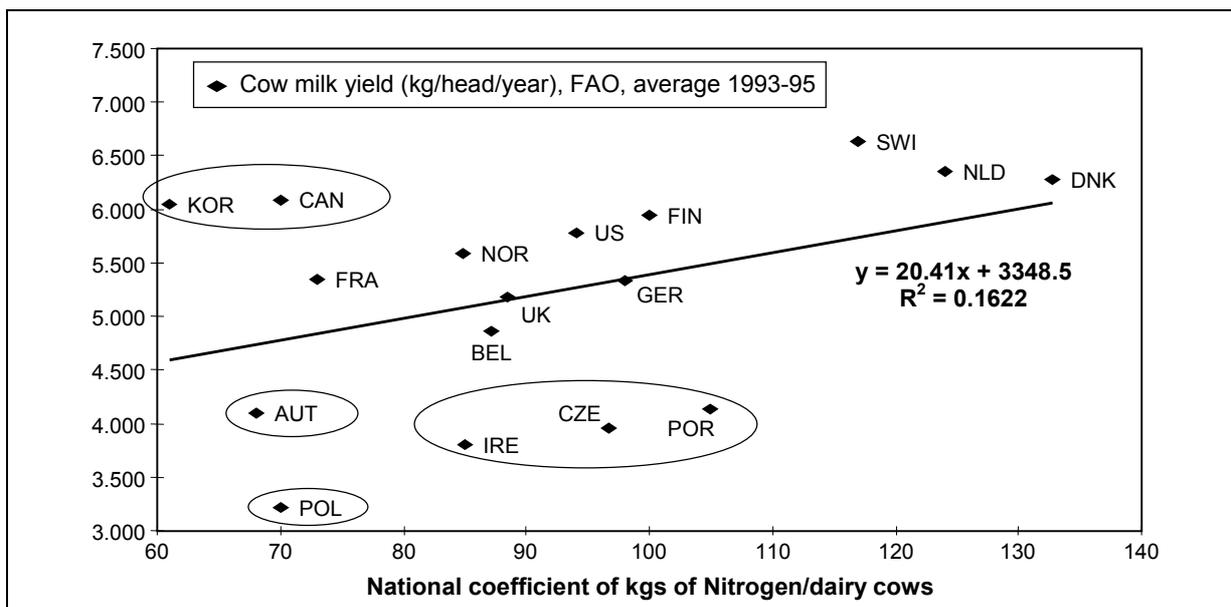


Abb. 2: Gegenüberstellung der Koeffizienten für den Stickstoffgehalt von Rinderdung.

## 2 PESTIZIDVERBRAUCH

Der Pestizidverbrauch wird vorwiegend an den Gesamt-Verbrauchszahlen des jeweiligen Landes gemessen. Aussagekräftiger wären Daten über den Verbrauch besonders kritischer Wirkstoffe. Aus Vereinfachungsgründen werden dennoch die Gesamtwirkstoffe herangezogen oder Informationen über einzelne Kulturen wie etwa Zuckerrüben oder Wein verarbeitet. Die umweltpolitische Zielsetzung, möglichst wenige Chemikalien in die Umwelt zu entlassen, wird dabei unterstellt. Für Österreich ist die Gesamtwirkstoffmenge seit einigen Jahren mehr oder weniger rückläufig. Dabei wirkt sich die Tendenz zu Pflanzenschutzmitteln mit geringen Wirkstoff-Aufwandmengen je Hektar zusätzlich vorteilhaft aus.

Neben den Verbrauchszahlen generell können daher die Verbrauchszahlen für einzelne Kulturen oder die verwendeten Wirkstoffe abgebildet werden. Darüber hinaus können diese Wirkstoffmengen mit ihrer Toxizitätseinstufung gewichtet werden. Die verwendete Toxizitätseinstufung wird vom internationalen Pestizidforum ausgearbeitet.

Beispielsweise kann zukünftig daraus auch die Veränderung der durchschnittlichen Toxizität aller Wirkstoffe als Kennzahl ermittelt werden.

## 3 TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Zu den treibhauswirksamen Gasen zählen Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, Distickoxid N<sub>2</sub>O und Methan CH<sub>4</sub>. Diese Gase führen absehbar zu einer Änderung des Klimas in globalen und lokalen Dimensionen. Die drastischen Folgen, welche aus Szenarien abgeleitet werden, stellen sich als sehr bedrohlich dar. Die UN-Konferenz von Kyoto beschloß daher Maßnahmen gegen die Emissionen der Treibhausgase und damit gegen die Klimaänderungen. Die überwiegende Zahl der Staaten verpflichtete sich zu einer Reduktion dieser Gase. Die endgültige Ratifizierung ist allerdings wegen zahlreicher Unsicherheiten noch ausständig.

Ermittelt werden Emissionen dieser Gase und umgerechnet in Kohlendioxid – Äquivalente. In dem Prozeß von Kyoto wurde sowohl die Inventarisierung der Emissionen festgelegt als auch die Ermittlung der Änderung der Gesamtemissionen an Treibhausgasen. Nachfolgende Formel enthielt nach OECD Methode ursprünglich nur Methan und Distickoxid. Abweichend davon wird die Aufnahme des Kohlendioxids präferiert. Besonders für die Landwirtschaft ist die Aufnahme von CO<sub>2</sub> in die Formel von Bedeutung. Um die zentrale Bedeutung der Landwirtschaft für die Gesamtemission darzustellen, werden die Emissionen auf die Leistung der Landwirtschaft bezogen. Die lw. Tätigkeit führt zu einer Bindung des CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre.

$$E_{CO_{2eq}} = CO_2 + E_{CH_4} \cdot 21 + E_{N_2O} \cdot 310$$

**Legende:**

CO<sub>2</sub> ..... Gesamtemission Kohlendioxid  
 E<sub>CO<sub>2eq</sub></sub> ..... Gesamtemission in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  
 E<sub>CH<sub>4</sub></sub> ..... Gesamtemission an Methan  
 E<sub>N<sub>2</sub>O</sub> ..... Gesamtemission an Distickoxid  
 310 bzw. 21 ..... Globaler Erwärmungsfaktor für Distickoxid bzw. Methan

Um eine Dynamik dieses Sektors darstellen zu können, werden die Emissions-Äquivalente auf den landwirtschaftl. Produktionswert bezogen.

$$E_{\S} = E_{CO_{2eq}} / V_{ag}$$

**Legende:**

E<sub>§</sub> ..... Gesamtemission an Kohlendioxid, Methan und Distickoxid per Produktionswert  
 E<sub>CO<sub>2eq</sub></sub> .... Gesamtemission Kohlendioxid, Methan und Distickoxid in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  
 V<sub>ag</sub> ..... die agrarische Produktion in Geldwert (zu konst. Preisen von 1990)

Nachdem die notwendigen Emissionen zu minimieren sind, ist im Gegenzug u. U. die Menge und der Wert der agrarischen Produkte massiv zu steigern. Da sich der Preis zumeist nur in engen Grenzen bewegt, bedeutet dieser Ansatz eine Forderung zur Ausschöpfung zusätzlicher Rationalisierungsmöglichkeiten. Die damit verbundene, induzierte Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ist aber für westeuropäische Verhältnisse nicht vertretbar, da bereits vielerorts die natürliche Tragfähigkeit des Agrarökosystems überbeansprucht wird. Es ist daher unabdingbar, zuerst die Basis zu definieren, ab der dieser Ansatz zulässig ist.

Vielmehr sollte dieser Ansatz im Sinne einer Lebenszyklusanalyse mit dem ökologischen Rucksack erweitert werden. Damit sind nicht nur die Emissionen für die Produktion der Produkte, sondern auch für die Verarbeitung, Verteilung, den Verbrauch und die Beseitigung anzusetzen. Damit wäre eine Gesamtrechnung möglich und ein Umweltindikator für die Vorteile der regionalen Versorgung geschaffen.

## 4 UMWELTGERECHTE PRODUKTIONSWEISE

Damit sind ausgewählte Indikatoren zusammengefaßt, die auf unterschiedlicher Ebene angesiedelt sind. Es können damit Teilbetriebe, Betriebe, Regionen, Produkte und Staaten in einem integrativen Ansatz abgebildet werden. Der Nachteil bei unübersichtlichen Agglomeraten ist die wenig scharfe Trennung von optimalen und suboptimalen Prozeßabläufen. Es wird dabei als Ergebnis ein Bündel von Teilaspekten geboten, sodaß die unterschiedlichen Wirkungseffekte transparent und zur Entscheidung offen bleiben. Beispiele für diese zusammenfassenden Indikatoren sind die MIPS (Materialintensität per Produktionseinheit) oder die Ökobilanz in der Landwirtschaft.

Weniger schwierig erweisen sich indirekte Meßlatten, die Produktionsweisen stellvertretend abbilden können. Stellvertretend für die obigen, künftig zur Verfügung stehenden Indikatoren werden ausgewählte Indikatoren wie etwa das Profil der Regeln der guten fachlichen Praxis verwendet. Merkmale für ein verbessertes Umweltverständnis können auch das Ausbildungsniveau der Betriebsleiter, die Einführung von Umweltprogrammen, die Etablierung eines Umweltplans, der Anteil der Biobauern, die Anzahl der landwirtschaftlichen Berater, die Umsetzung der integrierten Produktionsweise und die Häufigkeit von Betrieben mit ISO14.000 Zertifikat sein.

Allen angeführten Indikatoren ist die ungenaue Treffsicherheit gemeinsam; es bietet sich aber wegen der einfachen Erhebbarkeit an, diese Kenngrößen nicht einzeln, sondern im Verbund zu verwenden.

## 5 WASSERVERBRAUCH IN DER LANDWIRTSCHAFT

Die Landwirtschaft beeinflusst die Ressource Wasser in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Auf Abstand besehen scheint in manchen Regionen Österreichs nur eine Qualitätsbeeinflussung merklich. Tatsächlich sind in den intensiv bewirtschafteten Regionen Ostösterreichs sehr wohl auch die Wasservorräte unter Druck. Intensive Landwirtschaft verbraucht zwar das Wasser anteilig effektiver, ein genereller Druck auf die Vorräte wird aber verursacht. Damit werden aber auch bestehende Qualitätsbeeinträchtigungen beträchtlich verschärft. Mit Fragen der Wasserqualität wird sich der Arbeitskreis Wasser befassen.

In der Folge werden die Einflüsse der Landwirtschaft auf die Wasservorräte an Hand der Indikatoren Streßkennzeichen der Wasserressource generell, der Verbrauchsintensität und der Effektivität des Wasserverbrauchs in der Landwirtschaft dargestellt.

Die Kennzahl für die Streßkennzeichen der Ressource macht eine hydrologische Gesamtrechnung notwendig, welche nur in bestimmten Einzelfällen vorhanden ist.

Die Verbrauchsintensität ist dagegen einfacher zu ermitteln.

**Indexberechnung:**  $W_{i\%} = A_{ag}/A_u \cdot 100$

**Legende:**

$W_{i\%}$ ..... Intensitätsindex des landw. Wasserverbrauchs

$A_{ag}$ ..... landw. Wasserverbrauch

$A_u$ ..... gesamter Wasserverbrauch

Die Verbrauchsintensität könnte durch steigenden Verbrauch in den anderen Sektoren scheinbar verbessert werden. Es müßte daher einer Standardisierung auf ein bestimmtes Jahr des Verbrauches erfolgen, um zu relevanten Aussagen zu kommen.

Die Effektivität des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs bringt den sparsamen Umgang mit Wasser zum Ausdruck.

**Indexberechnung:**  $I_e = BM_{ag}/W_i \cdot n$

**Legende:**

$I_e$  ..... Effektivitätsfaktor des Wasserverbrauchs

$BM_{ag}$ ..... landw. Biomasse durch Bewässerung

$W_i$ ..... Bewässerung – Wasserverbrauch

$n$  ..... Gesamtwirkungsgrad der verwendeten Technologie

Durch die Einbeziehung des Wirkungsgrades der verwendeten Technologie bei der Bewässerung sind technische Fortschritte als dynamischer Faktor aufgenommen. Die Ausarbeitung dieses Wirkungsgrades sollte noch erfolgen.

## 6 BODENQUALITÄT

Die Bodenqualität ist ein besonders schwer faßbares Indikatorfeld. Einerseits bestehen über die Bodenfunktionen Anforderungen an den Boden, die bei Beeinträchtigungen gestört oder verloren gehen und andererseits gilt es generell die Tragfähigkeit des Systems Boden abzuschätzen und mit landwirtschaftlichen Aktivitäten abzugleichen.

Funktionsstörungen oder Verluste können durch die teilweise oder vollständige Zerstörung des Bodens bei der Erosion durch Wasser oder Wind auftreten. Diese Störungen sind in der Regel nicht reparierbar, sodaß der Erosionsverlust an Boden generell irreversibel ist. Aus diesem Grund werden einerseits tatsächliche Abtragsraten als Meßgrößen kalkuliert oder andererseits sollte eine Risikoeinteilung für Flächen das Maß für den sorgsameren Umgang mit den empfindlichen Flächen sein. Abbildung 3 zeigt beispielsweise eine Risikoeinschätzung von landwirtschaftlichen Böden in den USA.

### 6.1 Bodenerosion durch Wasser

**Indexberechnung:**  $E_{\text{Wasser}} = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P/T$

**Legende:**

$E_{\text{Wasser}}$ ... Erosionsrisiko durch Wasser

$R$  ..... erosionswirksamer Niederschlag

$K$  ..... Bodenerosionsneigung

$LS$  ..... Hanglänge und Steilheitsfaktor

$C$  ..... Pflanzen- u. Bodenbearbeitungsfaktor

$P$  ..... Konservierungsfaktor

$T$  ..... tolerierbare Erosionsrate

## 6.2 Aktuelle Erosionsgefährdung

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

**Legende:**

wie vor, jedoch:

A ..... Bodenverlust in t/ha/a

## 6.3 Bodenerosion durch Wind

Indexberechnung:  $E_p = K \cdot C(V^2 - \rho W^2)^{1,5} \cdot (1-R)$

**Legende:**

$E_p$  ..... Index für das Risiko der Winderosion

K ..... Oberflächenrauheit

C ..... Bodenwiderstand

V ..... Windgeschwindigkeit

$\rho$  ..... Widerstandanteil – Bodenfeuchte

W ..... Wassergehalt der Oberfläche

R ..... Erosions-Reduktionsfaktor

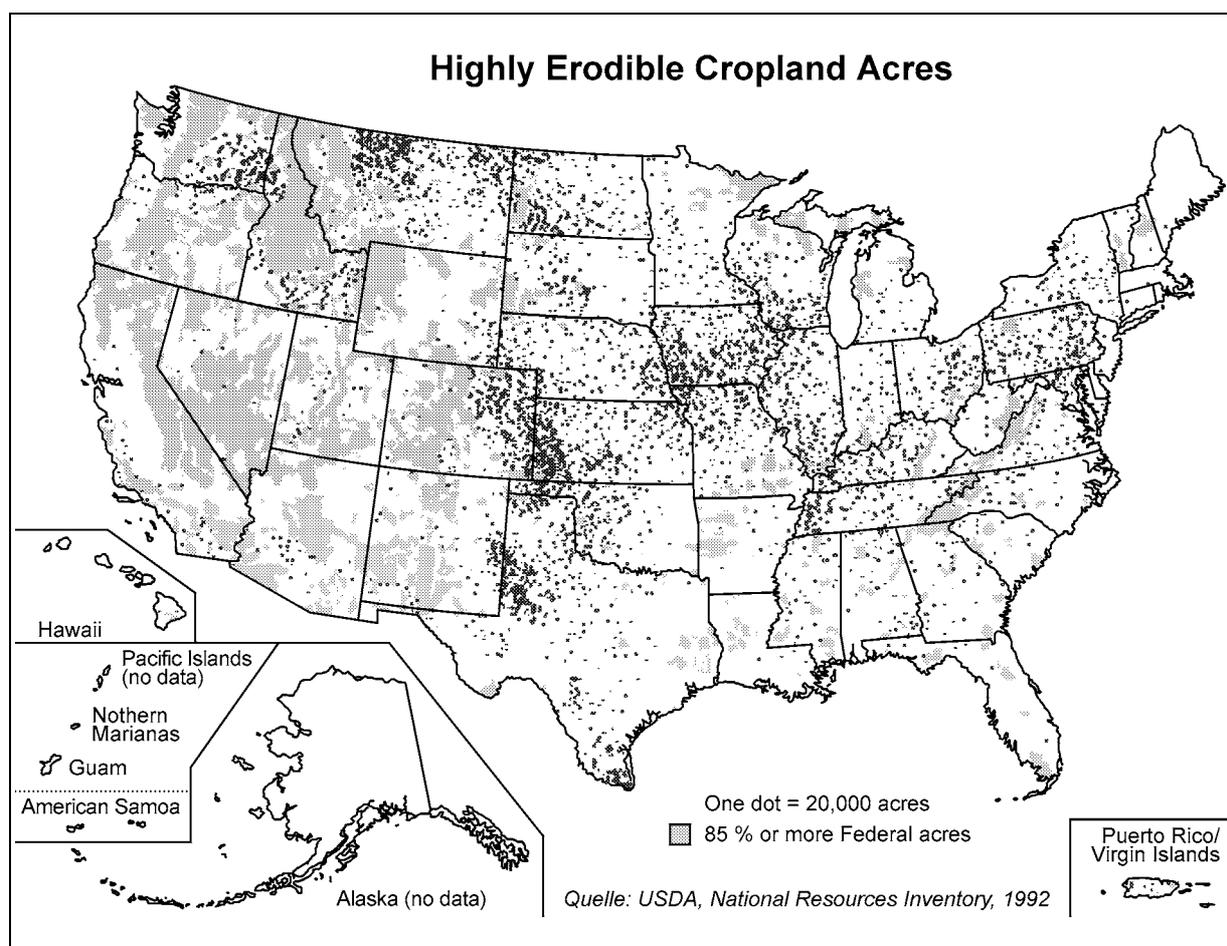


Abb. 3: Beispiel für eine Bodenerosionskarte – Risikoinformation.

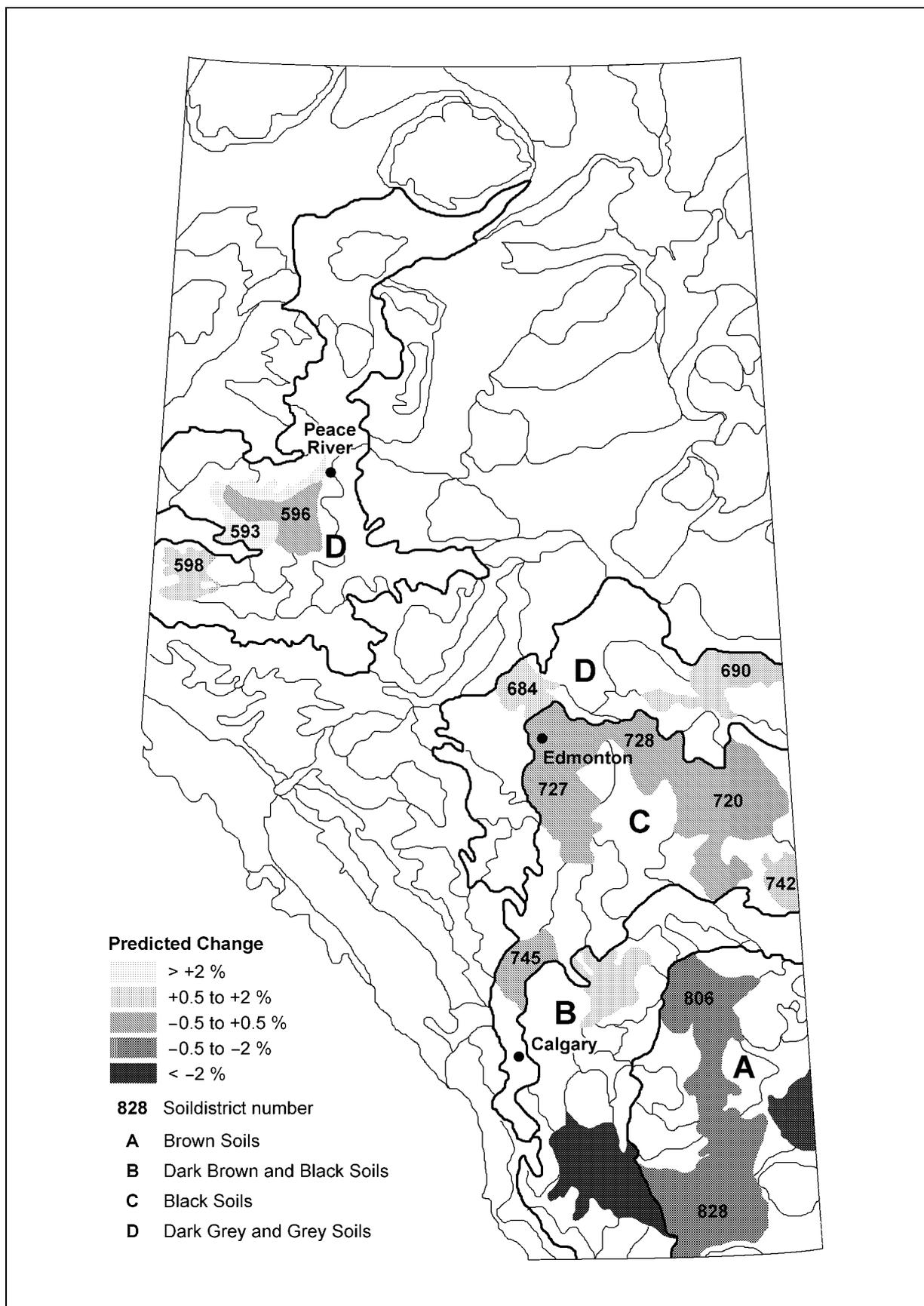


Abb. 4: Beispiel eines theoret. 30jährigen Verschlechterungsszenarios in Canada.

## 6.4 Inhärente Bodenqualität

Etwas anders ist der Ansatz, die inhärente Bodenqualität zu kategorisieren. Dabei wird die Tragfähigkeit der Böden zu Klassen zusammengefaßt und der derzeitigen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung gegenübergestellt.

Folgende Vorgangsweise wäre mit GIS-Instrumenten vorstellbar:

1. Kartografische Erfassung der jeweiligen Bodenbonitäten
2. Überlagerung der Daten durch Höhenmodell
3. Unterlegung der Klimadaten, Extremereignisse
4. Generierte Bodeneigenschaften im Hinblick auf Stabilität, Kompaktierbarkeit usw.
5. Einstufung der Riskoinformationen.

**Als Ergebnis** wäre eine 9stufige "Bodenqualität" ableitbar.

### **Erfassung der tatsächlichen Bewirtschaftungssituationen:**

6. Bodennutzung in der Flächeneinheit.

**Schlußfolgerung** aus den gewonnenen Datensätzen ist die Gegenüberstellung der inhärenten Bodenqualität versus der tatsächlichen Bodennutzung. Das Gesamtergebnis dieser Gegenüberstellung besteht in der Bewertung der Umweltsituation nach einem abgestuften Optimal- bzw. Mißverhältnis. Mit darauf aufsetzenden Modellen können diese Verhältnisse über eine Periode aufgerechnet werden, wodurch sich Bodenfunktionsverluste prognostizieren lassen.

Zusammenfassend können aus den dargestellten Indikatoren der OECD Ziele für diesen Workshop formuliert werden, die für die österreichische Situation anzupassen sind. Dabei gilt es, internationale Entwicklungen versuchsweise zu etablieren, deren Vorteile und Grenzen auszuloten und darüber hinaus jene Indikatoren zu finden, die für die österreichische Situation zweckmäßig sind.

Dieser Workshop kann daher die Strategien für die Bewertung der vorgeschlagenen Indikatoren liefern, als auch die Umsetzung im jeweiligen umweltpolitischen Umfeld der Europäischen Union, des nationalen Politikmix, der Agrarpolitik, der Berichtspflichten und der regionalen Entwicklungspläne anregen. Der eigenständigen Entwicklung von Indikatoren für besonders wichtigen Indikatorfelder – etwa der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen – sollte neben der internationalen Prägung besonderer Raum gegeben werden.

## 7 LITERATUR

OECD (1998): Report on the OECD Workshop on Agri-Environmental Indicators. York, September 1998, COM/AGR/CA/ENV/EPOC 98/136.

# BODENINDIKATOREN FÜR EINE NACHHALTIGE LANDWIRTSCHAFT

**Max Kuderna**

wpa, Ingenieurbüro für Bodenkunde und technische Chemie GmbH

## 1 EINLEITUNG

„**Nachhaltig** ist eine Landwirtschaft dann, wenn sie das Leistungspotential der landwirtschaftlichen Fläche effizient nutzt und dabei die Beeinträchtigung von Boden, Wasser und belebter Natur in tolerablen Grenzen hält.“ Das Konzept der Nachhaltigkeit, das auch anderslautend definiert werden kann, enthält also im Wesentlichen eine wirtschaftliche und eine Umweltkomponente.

**Indikatoren** haben ganz allgemein die Aufgabe anzuzeigen, ob Zielvorstellungen angestrebt oder eingehalten werden oder ob eine Entwicklung weg von einem formulierten Ziel stattfindet. Bodenindikatoren sollen Antwort geben auf die Frage: „*Wo seh`ich`s im Boden, ob die Landwirtschaft nachhaltig ist?*“ Bei der Suche nach Indikatoren im Boden stößt man häufig auf folgende Schwierigkeiten:

Eines der hervorstechendsten Merkmale von Böden ist ihre räumliche Variabilität. Dies erschwert in vielen Fällen die Festlegung von allgemein gültigen „tolerablen Grenzen“ und schafft ganz allgemein ein Maßstabsproblem.

Böden sind hochwirksame Puffersysteme. Das bedeutet, das durch längere Zeit umweltschädigende Prozesse ablaufen können, ohne daß im Boden leicht feststellbare Veränderungen die Folge wären. Wo dies der Fall ist, ist der Boden als Indikator nicht sensibel genug. Beispielhaft wurde das von STEIGER und BACCINI (1990) gezeigt, die Gehaltszunahmen von Schwermetallen in Böden einer Stoffbilanzierung gegenüberstellten. Unter Berücksichtigung möglicher Streubereiche kamen sie zum Ergebnis, dass eine signifikante Zunahme von Schwermetallgehalten im Boden unter Umständen erst dann durch Messungen nachgewiesen werden kann, wenn die Richtwerte bereits überschritten sind (siehe Tab. 1). Für Fragen des Bodenschutzes kann es somit in einigen Fällen zielführender sein, Bilanzierungs- und Stoffflussanalysen durchzuführen, anstatt Bodenindikatoren zu verwenden.

*Tab. 1: Gegenüberstellung von Schwermetallgehaltszunahmen im Boden und Stoffbilanzen an einem Beispiel landwirtschaftlicher Böden des Bünztales (Schweiz) von STEIGER und BACCINI (1991). Signifikante Zunahmen von Schwermetallgehalten können am Beispiel des Zinks im Boden u. U. erst nach einem Zeitraum nachgewiesen werden, wenn die Richtwerte bereits überschritten sind. Bei Kupfer wurde in der zitierten Studie dieses Problem nicht festgestellt.*

	Cu	Zn
Signifikante Zunahme des Schwermetallgehaltes nach ... Jahren feststellbar	20-60 Jahre	20- <b>100</b> Jahre
Jahre bis zur Richtwertüberschreitung lt. Berechnung in einem Bilanzierungsansatz	90-380 Jahre	<b>70</b> -340 Jahre

## 2 INDIKATORENTYPEN

**Numerische Bodenindikatoren** stellen ein quantitatives Maß für Bodeneigenschaften dar. Diese können dann bestimmten Grenz- oder Zielwerten gegenübergestellt werden, woraus sich in weiterer Folge Handlungsanleitungen ableiten lassen. Da numerische Bodenindikatoren prinzipiell auch dazu geeignet sind zeitabhängige Zustandsänderungen zu beschreiben, können sie auch **dynamische Indikatoren** genannt werden. Tab. 1 enthält ein Beispiel für einen numerischen Bodenindikator (Schwermetallgehalt) dessen Änderung mit der Zeit diskutiert wird.

Demgegenüber beschreiben **Risiko-** oder **Potentialindikatoren** die Empfindlichkeit eines Bodens für bestimmte Belastungssituationen oder das Potential für eine bestimmte Form der Nutzung. Die Einstufung enthält dabei in der Regel empirische Komponenten und erfolgt relativ.

Während Potentialindikatoren meist so konzipiert sind, daß sie aus vorhandenen Daten wie z. B. Bodenkarten relativ problemlos ableitbar sind, erfordern dynamische Indikatoren entweder Meßreihen oder Simulationsrechnungen, bei denen Ursache – Wirkungsbeziehungen mathematisch beschrieben sind.

Der relativ große Aufwand zur Erstellung von Meßreihen für numerische Bodenindikatoren ist offensichtlich, aber auch Simulationsrechnungen erfordern häufig weit umfangreichere Datensätze als Potentialindikatoren, wie die Gegenüberstellung in Abb. 1 anhand des Ertrags bzw. Ertragspotentials zeigt. Dabei darf nicht übersehen werden, daß für Aussagen, die für ein bestimmtes Gebiet flächenhaft getroffen werden sollen, die Qualität und räumliche Auflösung der Eingangsdaten die Richtigkeit der Aussage von Simulationsergebnissen ganz wesentlich beeinflußt.

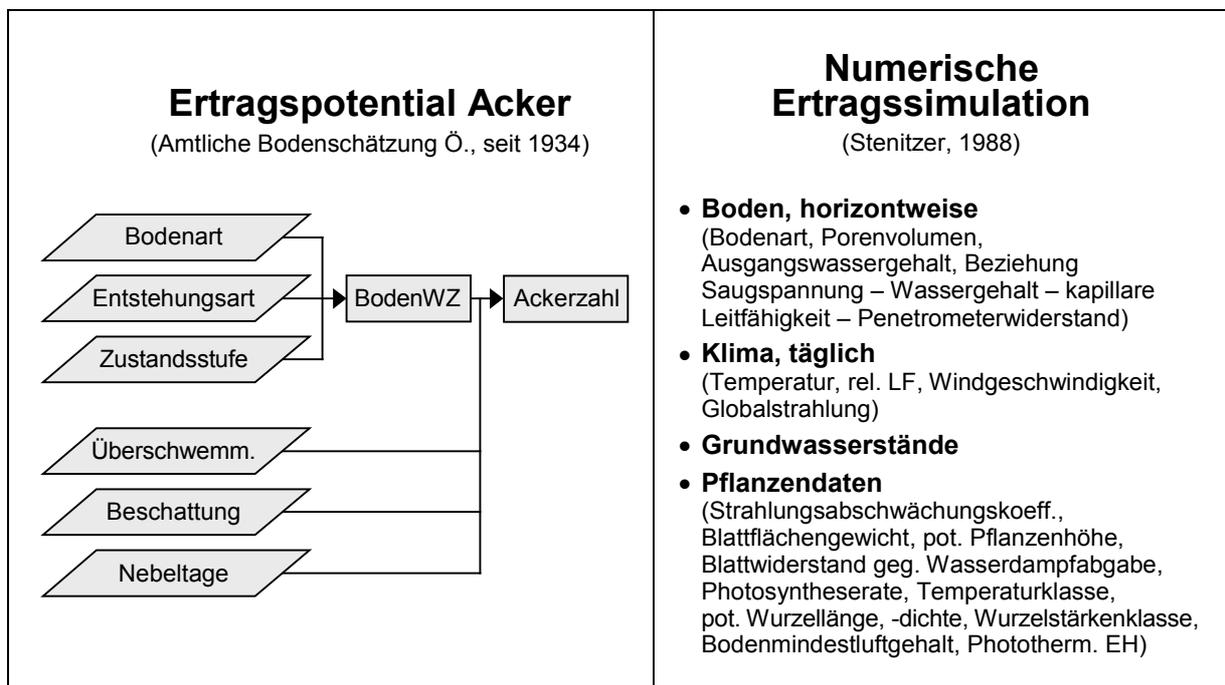


Abb. 1: Datensätze für die Potentialindikatoren Ertrag und Ertragspotential (BodenWZ = Bodenwertzahl).

Der Umfang der benötigten Eingangsdaten zur Erstellung eines Dynamischen Indikators kann deutlich über jenem für einen Potentialindikator liegen.

Die Vor- und Nachteile von Dynamischen- und Potentialindikatoren sind in Tab. 2 nochmals stichwortartig zusammengefaßt.

Tab. 2: Gegenüberstellung von dynamischen und Potentialindikatoren.

	Risiko-/Potentialindikator	Dynamischer Indikator
<b>+</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eingangsdaten vorhanden, Indikator leicht erstellbar</li> <li>• Bildet i. d. R. räumliche Variabilität und Puffereigenschaften ab</li> <li>• liefert in vielen Fällen ausreichende Planungsgrundlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung von Auswirkungen einer bestimmten Nutzung, Belastung, ...</li> <li>• Quantitative Ergebnisse</li> </ul>
<b>-</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aussagen i.d.R. ordinal skaliert</li> <li>• Auswirkungen nicht quantifizierbar</li> <li>• Nur in Kombination (z. B. mit Information über Belastung, Nutzung, ...) zur Darstellung von Auswirkungen verwendbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung der Variabilität und der Puffereigenschaften aufwendig und/oder schwierig</li> <li>• Bei Simulationen: Komplexe Berechnungen bei u. U. mangelnder Datenlage, Eineichung, Übertragbarkeit der Ergebnisse</li> </ul>

### 3 AUSGEWÄHLTE BEISPIELE FÜR BODENINDIKATOREN

#### 3.1 Potentialindikatoren

Tab. 3 enthält Beispiele für Potentialindikatoren, die aus Daten, die größtenteils in Bodenkarten enthalten oder ansonsten leicht verfügbar sind, erstellt werden können. Aus der Liste in Tab. 3 wurde die Erstellung des Indikators „Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen“ in Abb. 2 schematisch dargestellt. Aus den Eingangsdaten pH-Wert, Humusgehalt und Bodenart wird für ein bestimmtes Schwermetall (SM) die relative Bindungsstärke ermittelt. Zusammen mit der klimatischen Wasserbilanz und Informationen über den Grundwasserstand kann eine Einstufung der Filterleistung des Bodens für dieses SM vorgenommen werden. Dieses Konzept kommt beispielsweise in der Niederösterreichischen Klärschlammverordnung zur Anwendung. Dabei wird die Filterleistung des Bodens für SM (gemeinsam mit einer ev. Vorbelastung) möglichen SM-Belastungsstufen durch unterschiedliche Klärschlammqualitäten gegenübergestellt um eine Entscheidungsgrundlage für bzw. gegen eine Klärschlammausbringung zu erhalten.

Tab. 3: Liste ausgewählter Beispiele für Potentialindikatoren des Bodens.

Standortbezogenes ackerbauliches Ertragspotential (siehe Kap. 2)
Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen
Potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser
Potentielle Erosionsgefährdung der Mineralböden durch Wind
Potentielle Erosionsgefährdung der Moorböden durch Wind
Potentielle Verdichtungsempfindlichkeit
Verhalten von Organika in Böden
Nitratverlagerungstiefe im Winterhalbjahr
Nitratauswaschungsgefährdung (Austauschhäufigkeit)
Standortgerechte Bodenbearbeitung von Ackerböden
Verschlämmungsneigung

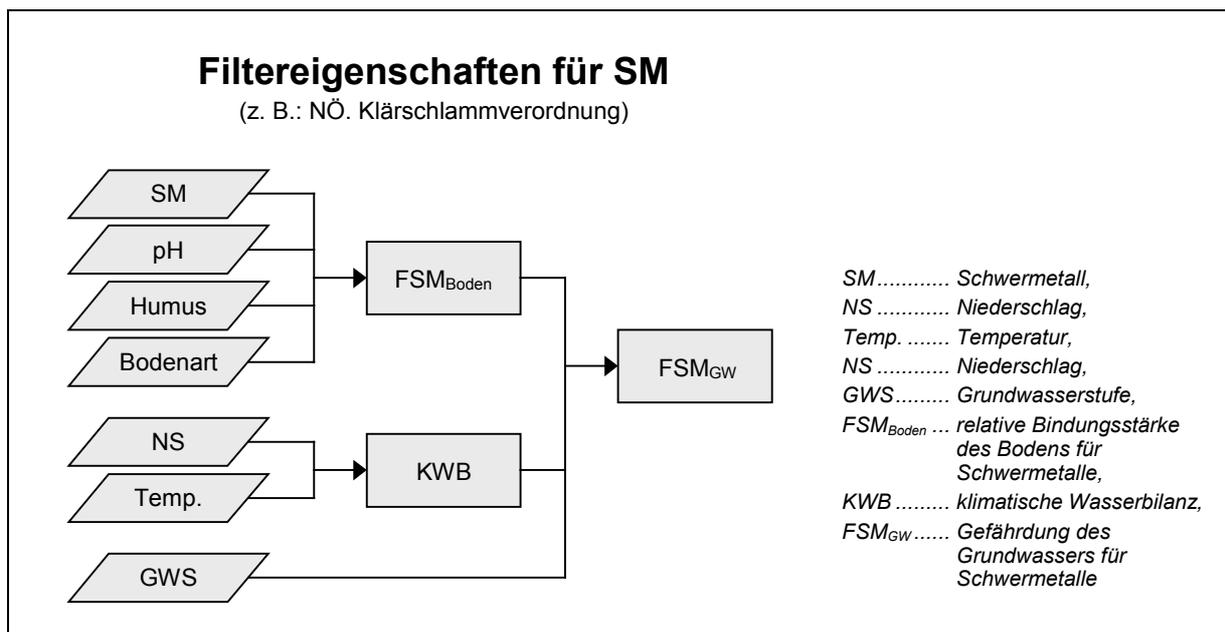


Abb. 2: Erstellung des Potentialindicators "Filtereigenschaften des Bodens für Schwermetalle" (vereinfachte Darstellung nach Blume, 1992).

### 3.2 Dynamische Indikatoren

Tab. 4: Liste ausgewählter Beispiele für dynamische Bodenindikatoren.

Flächenhafter Bodenabtrag durch Regen („Wassererosion“)
Bodenverluste durch Winderosion
Zunahme der Bodenverdichtung
Humusab-/aufbau
Nährstoffgehaltsänderungen
Versauerung
Schwermetallanreicherung im Boden (siehe Kap. 1)

#### 3.2.1 Bodenverluste durch Erosion

Erosion ist eine der häufigsten Bodenbelastungen, die durch die Landwirtschaft verursacht wird. Die Einheit der Erosion ist der Bodenverlust pro Flächen- und Zeiteinheit. Sie ist einerseits meßbar, andererseits gibt es eine größere Zahl an Berechnungsmodellen für diesen Indikator, zum Beispiel die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) für die Wassererosion, die erstmals 1978 von WISHMEIER & SMITH formuliert wurde und die die Erosivität des Regens, die Erodierbarkeit des Bodens, die Hanglänge und -steilheit, den Pflanzenbestand und die Bodenbewirtschaftung berücksichtigt:

$$A \text{ (t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}\text{)} = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

*R* = Regenfaktor,

*S* = Hangneigungsfaktor,

*K* = Bodenerodierbarkeit,

*C* = Bedeckungsfaktor,

*L* = Hanglängenfaktor,

*P* = Erosionsschutzfaktor.

Zur Ableitung von Grenzwerten ist der maximal tolerierbare Bodenabtrag festzulegen. Tab. 5 zeigt Grenzwerte für Bayern. Alternativ dazu wird dort auch folgende Toleranzgrenze verwendet:

$$T (t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}) = \text{Ackerzahl oder Bodenzahl}/8$$

Tab. 5: Toleranzgrenzen für maximalen Bodenabtrag in Bayern in Abhängigkeit von der Bodentiefe.

$T \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$	Tiefe (cm)
1	< 30
3	30-60
7	60-100
10	> 100

In Bayern wurde flächendeckend ein Atlas der Erosionsgefährdung erstellt (AUERSWALD & SCHMIDT, 1986), der auf Basis der ABAG unter anderem die natürliche und die anthropogene Erosionsdisposition sowie den Bodenabtrag sowie tolerierbare Bodenabträge im Maßstab 1:2.000.000 für 13.000 Rasterflächen abbildet, die jede ca. 5 km<sup>2</sup> groß sind. Das Maßstabsproblem (die ABAG geht vom Hang als betrachtete Einheit aus) wurde dadurch gelöst, daß gebietstypische Hangneigung und Hanglänge (und nicht durchschnittliche Hangneigung) in der Berechnung verwendet wurden und in unterschiedliche Nutzungs- und Hangneigungsbereiche ohne starre Flächeneinteilung aufgeteilt wurden.

### 3.2.2 Bodenverdichtung

Ist die Auflast auf einen Boden größer als der Wert der Vorbelastung (bezogen auf den gleichen Wassergehalt) so ist eine Bodenverdichtung die Folge. Festgestellt werden kann eine Bodenverdichtung beispielsweise durch eine Zunahme der Lagerungsdichte. Werden obere Grenzwerte des optimalen Lagerungsdichtebereiches (die in Abhängigkeit von der Bodenart variieren) überschritten, so kann das Ausmaß der Ertragsausfälle abgeschätzt werden.

### 3.2.3 Humusab-/ (auf-)bau

Der Gehalt der organischen Substanz des Bodens (Humus) ist entscheidender Faktor für die Bodenfruchtbarkeit. Eine drastische Abnahme des Humusgehaltes erfolgt nach Umwandlung von Grün- in Ackerland. Generell kann es jedoch in Breiten mit gemäßigttem Klima 100-200 Jahre benötigen, bis der Humusgehalt nach einer geänderten Bodenbewirtschaftung ein neues Gleichgewicht erreicht. Als Indikator ist eine Änderung des Humusgehaltes daher nur für langfristig konzipierte Meßreihen geeignet. Ein Grenzwertkonzept scheint nicht anwendbar zu sein.

### 3.2.4 Nährstoffgehalte im Boden

Nährstoffgehalte im Boden sind durch die erfolgte Eineichung von Meßergebnissen im Hinblick auf den Pflanzenertrag Bodenindikatoren, die es erlauben, den Düngeraufwand in wirtschaftlicher Hinsicht zu optimieren. Während bei den meisten Nährstoffen (wie z. B. P, K, Mg) keine wesentlichen Zielkonflikte zwischen wirtschaftlichen und Umweltaspekten bestehen, führt eine N-Düngung, die auf wirtschaftliche Ertragsoptimierung abzielt, in vielen Fällen zu einer Nitratbelastung des Grundwassers, die höher liegt als die gesetzlich tolerierten Grenzwerte.

Ob eine bestimmte Form der Bodenbewirtschaftung zu einer Nitratbelastung des Grundwassers führen wird, läßt sich mit einem Bodenindikator feststellen: der Bestimmung des mineralischen Stickstoffes im Boden am Ende der Vegetationsperiode, dem Herbst  $N_{\min}$ . Grenzwerte für den  $N_{\min}$  lassen sich aus einer Gegenüberstellung des Sickerwasseranfalls (während der Wintermonate) mit der Wasserspeicherefähigkeit des Bodens ableiten.

### 3.2.5 Stoffliche Belastungen von Böden

#### Schwermetalle

Auf Grund der Puffereigenschaften von Böden und ihrer großen räumlichen Heterogenität, sowie auf Grund der Tatsache, daß Schwermetalle schon in sehr geringen Mengen sehr umweltwirksam sind, ist es in der Regel nicht möglich, über regelmäßige Schwermetallanalysen im Boden eine Zunahme von Schwermetallgehalten über tolerierbare Grenzen hinaus festzustellen: Der Nachweis einer gegenüber der räumlichen Streuung signifikanten SM-Gehaltszunahme gelingt oft erst dann, wenn kritische Gehalte schon erreicht oder überschritten wurden (siehe Tab. 1).

## 4 LITERATUR

- AUERSWALD, K. & F. SCHMIDT (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Karten zum flächenhaften Bodenabtrag durch Regen. GLA Fachberichte 1. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- BLUME, H.-P. (1992): Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed, Landsberg/Lech.
- STEIGER, B. & P. BACCINI (1990): Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit meßbarem Ein- und Austrag. Bericht 38 des Nationalen Forschungsprogramms „Boden“. Liebefeld-Bern.
- STENITZER, E. (1988): Simwaser, Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilung aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen.

## **UN-NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN ZU KAPITEL 14 DER AGENDA 21: „PROMOTING SUSTAINABLE AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT“**

**Bettina Götz**  
Umweltbundesamt

Die „Commission on Sustainable Development“ der Vereinten Nationen hat 1995 begonnen, eine Liste von Nachhaltigkeitsindikatoren zu entwickeln. In einer bis Ende 1999 laufenden Testphase werden die CSD-Indikatoren in einigen Testländern, darunter Österreich, Deutschland, Belgien, Brasilien, Bolivien und Südafrika, erprobt. Die Staaten können je nach nationalen Prioritäten, Problemen und Zielen einen Satz von Indikatoren auswählen. Die ausgewählten Indikatoren sollen die politischen Entscheidungsträger einer Nation darin unterstützen, den Grad der Nachhaltigkeit, z. B. der Landwirtschaft, des Landes abzuschätzen und daraus Konsequenzen zu ziehen. Die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung in der Landwirtschaft muß auf regionaler und lokaler Ebene erfolgen und verlangt daher Anpassungen an regionale Unterschiede.

Die UN-Nachhaltigkeitsindikatoren werden in Driving Force – State – Response Indikatoren eingeteilt: Der Begriff „driving force-Indikator“ integriert begrifflich im Unterschied zu „pressure-Indikator“ auch soziale und ökonomische Indikatoren (menschliche Aktivitäten, Prozesse und Verhaltensmuster, die auf die Entwicklung einwirken). Die Auswirkungen des Wirtschaftszweiges Landwirtschaft betreffen vor allem die Ressourcen Boden, Wasser, Luft und die Biodiversität.

**Folgende Indikatoren werden von der UN zum Kapitel 14 der Agenda 21 vorgeschlagen:**

### **1 DRIVING FORCE INDIKATOREN**

- **Energieeinsatz in der Landwirtschaft (Energy use in agriculture):** Verhältnis von Energieeinsatz zu landwirtschaftlicher Produktion sowie die Absolutzahlen dazu; Einheit: Joule pro Tonne landwirtschaftliches Produkt.  
Energieeinsatz in allen Stadien der landwirtschaftlichen Produktion: für Bodenbearbeitung, Maschineneinsatz, Düngung, Bewässerung, Ernte, Transport, Weiterverarbeitung, Lagerung. Die verschiedenen Energieformen (mechanische, elektrische und thermische) werden zu Energieäquivalenten aggregiert (Einheit z. B. Terajoule, TJ).
- **Anteil des Ackerlands mit Bewässerung (Irrigation percent of arable land):** Bewässerte Fläche in Prozent der gesamten Ackerfläche. Zweck des Indikators ist es, aus Sicht der Nutzung der Ressourcen Wasser und Land die Bedeutung der Bewässerung in der Landwirtschaft abzuschätzen.
- **Anwendung von Pestiziden (use of agricultural pesticides):** Pestizideinsatz pro Einheit landwirtschaftlich genutzter Fläche; Einheit: Wirkstoffmenge in 1.000 Tonnen pro 10 km<sup>2</sup> landwirtschaftliche Nutzfläche.
- **Anwendung von Düngemitteln (use of fertilizers):** Ausmaß des Düngemiteleinsatz in der Landwirtschaft pro Einheit landwirtschaftlich genutzter Fläche; Einheit: Nährstoffmenge in Düngemitteln in 1.000 Tonnen pro 10 km<sup>2</sup> landwirtschaftliche Nutzfläche.

## 2 STATE INDIKATOREN

- Ackerland pro Kopf (arable land per capita): Dieser Indikator zeigt die Größe der Ackerfläche, durch die Bezugseinheit “pro Kopf” wird der Problembereich der wachsenden Weltbevölkerung und der dafür nicht ausreichenden Kapazität der Landwirtschaft zum Ausdruck gebracht. Von der Definition für Ackerland sind die Dauerkulturen ausgenommen: “land under temporary crops, temporary meadows for mowing or pasture, land under market and kitchen gardens and land under temporarily fallow (not: area under permanent crops)”.
- Fläche, die von Versalzung und Wasserüberstauung betroffen ist (area affected by salinization and water logging compared to the total area): Dieser Indikator zeigt das Ausmaß des Verlustes an produktivem Land aufgrund von nicht-nachhaltigem Wassermanagement, v. a. durch Bewässerung und Drainagen.

## 3 RESPONSE INDIKATOREN

- Landwirtschaftliche Ausbildung und Beratung (agricultural education and extension)  
Indikatoren für landwirtschaftliche Ausbildung beinhalten z. B.:
  - “number of students enrolled in agricultural studies,
  - number of courses which include issues related to sustainable agriculture and rural development,
  - total expenditure on agricultural institutions”

Die landwirtschaftliche Beratung stellt eine entscheidende Informationsverbindung zum Landwirt her. Indikatoren für landwirtschaftliche Beratung beinhalten z. B.:

- “US \$ equivalent of total funds allocated for agricultural extension work,
  - percent of ministry of agriculture funds allocated to extension work,
  - number of farm families per front-line extension staff member.”
- Landwirtschaftliche Forschung (agricultural research intensity ratio):  
Der Indikator soll die Ausgaben des öffentlichen Sektors für landwirtschaftliche Forschung als Anteil am landwirtschaftlichen Bruttonationalprodukt darstellen; Einheit: %.

## **ARBEITSKREIS LANDWIRTSCHAFT**

### **Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

**Moderator:** *Michael Dachler;*  
*Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie*

**Teilnehmer:**

*Barbara Amon (Universität für Bodenkultur, Institut f. Land-, Umwelt- u. Energietechnologie);*  
*Karin Böhm (Bundesamt und Forschungszentrum f. Landwirtschaft, Institut f. Agrarökologie);*  
*Michael Dachler (Bundesamt und Forschungszentrum f. Landwirtschaft, Institut f. Agrarökologie);*  
*Bernhard Freyer (Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau);*  
*Johannes Frühauf (BirdLife Österreich);*  
*Bettina Götz (Umweltbundesamt, Abt. Terrestrische Ökologie);*  
*Werner Katzmann (ÖBIG);*  
*Ingrid Kernmayer (Bundesamt und Forschungszentrum f. Landwirtschaft, Institut f. Agrarökologie);*  
*Ruth Kratochvil (Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau);*  
*Max Kuderna (WPA);*  
*Richard Öhlinger (Bundesamt für Agrarbiologie);*  
*Josef Rathbauer (Bundesanstalt f. Landtechnik);*  
*Alarich Riß (Umweltbundesamt, Abt. Terrestrische Ökologie);*  
*Otto Schütz (ÖVAF);*  
*Heide Spiegel (Bundesamt und Forschungszentrum f. Landwirtschaft, Institut f. Agrarökologie);*  
*Christian Steiner (Niederösterreichische Agrarbezirksbehörde),*  
*Wolfgang Strübl (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. II/B5);*  
*Helmuth Walter (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Abt. II B 8);*  
*Gerhard Zethner (Umweltbundesamt, Abt. Terrestrische Ökologie).*

Das Ergebnispapier wurde von einer Kernarbeitsgruppe nach dem Workshop überarbeitet. Beiträge dazu kamen von Otto Schütz (ÖVAF); Michael Dachler, Karin Boehm, Georg Dersch, Johannes Hoesch und Ingrid Kernmayer (Bundesamt u. Forschungszentrum f. Landwirtschaft); Bernhard Freyer (Universität f. Bodenkultur, Inst. f. Ökologischen Landbau); Wolfgang Strübl (Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Abt. II/B5); Helmuth Walter (Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Abt. II/B8); Barbara Amon (Universität f. Bodenkultur, Inst. f. Land-, Umwelt- u. Energietechnologie), Gerhard Zethner und Bettina Götz (Umweltbundesamt).

Die Indikatoren wurden nach Schutzziele eingeteilt:

- 1. BODEN (Qualität und Erhaltung)**
- 2. WASSER (Qualität und Menge)**
- 3. LUFT**
- 4. BIODIVERSITÄT und LANDSCHAFTSSCHUTZ**
- 5. RESSOURCEN.**

Grau unterlegt sind Indikatoren, die aus Sicht des Umweltbundesamtes aufgrund der Datenverfügbarkeit bereits verwendet werden können, wenn eine bestimmte Zielsetzung bzw. Fragestellung gegeben ist.

#### **ad 1. BODEN:**

##### **Einteilung in indirekte (Erhebungsgrößen) und direkte Indikatoren (Meßgrößen)**

Bei den direkten Indikatoren, welche gemessene Werte sind, stellt sich die grundsätzliche Frage, inwieweit die Probenahmepunkte und damit die zugehörigen Werte repräsentativ für eine größere Fläche sind. Bei einer punktuellen Erfassung von Bodeneigenschaften ist es oft sehr problematisch bzw. unzulässig, auf den Zustand einer größeren Flächeneinheit zu schließen.

Unter Fragestellung bzw. Zielsetzung wurde in Zusammenhang mit dem Schutz des Bodens die langfristige (nachhaltige) Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit gesehen.

Tab.1: Ergebnismatrix Arbeitskreis Landwirtschaft.

Schutz des Bodens							
1. Indirekte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Ertragsfähigkeit des Bodens	Bodenzahl, Grünlandzahl oder Ackerzahl (der Finanzbodenschätzung)	Dimensionslos: 1-100	lokal (parzellengenau), regional	ca. alle 10-20 Jahre bzw. bedarfsorientiert	Wasser (v. a. Oberflächengewässer) Energie, Klima	<ul style="list-style-type: none"> <li>zuverlässige Daten vorhanden</li> <li>alle Daten sollten digitalisiert werden (möglicherweise Probleme mit dem Datenschutz!)</li> </ul>
2	Bodennutzung	Anteil von humusmehrenden (Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge) und humuszehrenden (Hackfrüchte) Kulturarten; Kulturartenverhältnis	%-Anteil in der Fruchtfolge; Verhältnis der Flächen zueinander	lokal (Daten ?), regional	jährlich	Wasser, biologische Vielfalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einteilung in humuszehrende und -mehrende Kulturarten</li> <li>Festlegung von Zielgrößen/Richtwerten (regional differenziert): Erarbeitung von standortbezogenen Zielwerten durch Auswertung von Fruchtfolgeversuchen → Erfahrungswerte über Humusdynamik/-qualität</li> </ul>
3	Bodennutzung	Bodenbedeckung	% pro Jahr, z. B. Sommergerste: 40 % (5 Monate) plus % pro Jahr an Zwischenfruchtzeiten	lokal (Daten ?) (schlagbezogen, betrieblich), regional	jährlich	Wasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuordnung einer Anzahl an Monaten mit Bodenbedeckung zu den einzelnen Kulturarten</li> <li>Errechnung der Bodenbedeckung pro Betrieb und über die Bezugsfläche (z. B. Region) gewichten</li> <li>Festlegung von Zielgrößen/Richtwerten</li> </ul>

Schutz des Bodens							
1. Indirekte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
4	Bodenerosion durch Wasser (Flächenhafter Bodenabtrag durch Regen): Risikoabschätzung (Modell)	Allgemeine Bodenabtragsgleichung: $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P/T$ <i>A ... Bodenverlust in t/ha/a</i> <i>R ... Regenfaktor</i> <i>K ... Bodenerodierbarkeit</i> <i>L ... Hanglängenfaktor</i> <i>S ... Hangneigungsfaktor</i> <i>C ... Bedeckungsfaktor</i> <i>P ... Erosionsschutzfaktor</i> <i>T ... tolerierbare Bodenverlustrate (t/ha/a)</i>	t/ha*a	regional, national (Daten ?) (mit Einschränkungen)	Potentielles Risiko: 1x	Wetterdaten, Klimadaten, Flächennutzung, Oberflächengewässer (Eintrag des verfrachteten Materials)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayrisches Modell nachahmenswert → Überprüfen, ob für Österreich umlegbar</li> <li>• Eichungen für Erarbeitung von standortspezifischen Faktoren sind notwendig</li> <li>• Schaffung einer Isoerodentenkarte</li> <li>• Erstellung einer Karte der Erosionsgefährdung für Österreich</li> <li>• Auswertung der österr. Bodenkartierung und ev. der Finanzbodenschätzung</li> </ul>
5	Bodenerosion durch Wind: Risikoabschätzung (Modell)	$E_p = KC \cdot (V^2 - \rho \cdot W^2)^{1,5} \cdot (1-R)$ <i>Ep.. Index für das Risiko der Winderosion</i> <i>K ... Oberflächenrauheit</i> <i>C ... Faktor für Bodenwiderstand gegen Winderosion</i> <i>V ... Strömungsgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche)</i> <i>r..... Widerstandanteil – Bodenfeuchte</i> <i>W .. Bodenfeuchte an der Oberfläche</i> <i>R ... Erosionreduktionsfaktor (Kulturart, Ernterückstände, Kulturführung etc.)</i>	t/ha *a	regional (Daten ?)	Potentielles Risiko: 1x	Wetterdaten, Klimadaten, Flächennutzung, Oberflächengewässer (Eintrag des verfrachteten Materials)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungsprojekt für österreichische Verhältnisse: Festhalten des potentiellen Risikos, Ausrechnen für die österreichischen Flächen</li> </ul>

Schutz des Bodens							
1. Indirekte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
6	Bodenbearbeitung	Art der Bodenbearbeitung (%-Satz wendende oder nicht wendende Bodenarbeit)	% pro Betrieb	lokal (betrieblich), regional (Daten ?)	jährlich, alle 5 Jahre	Wasser, Luft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhebung von Daten auf betrieblicher Ebene</li> <li>• Festlegung von Zielgrößen/Richtwerten (regional differenziert, je nach Bodentyp und Klimaraum)</li> <li>• Festlegung von maximalen Bearbeitungstiefen</li> </ul>
7	Bodenerosion	Teilnahme an Förderungen von erosionsmindernden Maßnahmen (Ackerrandstreifen, Zwischenfruchtanbau, Bedeckungsgrad)	ha, % der erosionsgefährdeten Fläche	lokal, regional	jährlich, Potentielles Risiko: 1x	Biodiversität, Flächennutzung, Wasser (Nährstofffrage: P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle durch Wassererosion gefährdeten Flächen müssen erhoben werden</li> </ul>

Schutz des Bodens							
2. Direkte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Bodenerosion durch Wasser und Wind (direkter Indikator)	tatsächlicher Abtrag: Messung, Aggregatstabilität	t/ha*a	lokal (Hang), regional, national (Daten ?) (mit Einschränkungen)			<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosionsarten differenzieren</li> </ul>
2	Organische Substanz	Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt) → Zu- oder Abnahme feststellen Problem: keine Aussage über die Humusqualität	% Corg	lokal, kleinflächig (schlagbezogen), aber auch über größere Räume sind Langzeitentwicklungen verfolgbar	lange Zeiträume (z. B. alle 10 Jahre)	Bodenversauerung (pH-Wert), Treibhausgase, hängt eng zusammen mit Bewirtschaftungsart usw.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Im Rahmen der Bodenzustandsinventuren ist der Humusgehalt gemessen worden → Untersuchungsergebnisse sollten zusammengefaßt und ein besseres Erfassungsnetz gebildet werden (= Vollbestimmung)</li> <li>Erarbeitung von standortbezogenen Zielwerten durch Auswertung von Fruchtfolgeversuchen → Erfahrungswerte über Humusdynamik/Humusqualität</li> <li>Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen (=Teilbestimmung, „Mikrozensus“)</li> <li>Erfassung der Landnutzungsänderungen (z. B. Grünlandumbruch) und ihrer Auswirkungen auf den Humusgehalt</li> </ul>
3	Organische Substanz	C/N-Verhältnis des Bodens	dimensionslos	lokal (schlagbezogen)	ca. alle 5-10 Jahre		<ul style="list-style-type: none"> <li>Festlegung von Zielgrößen/Richtwerten, wobei der Bezug zum Bodentyp notwendig ist</li> </ul>

Schutz des Bodens							
2. Direkte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
4	Nährstoffe	Gehalt an Gesamtstickstoff, N <sub>min</sub> , N <sub>org</sub> , P, K, Mg Verteilung der Bodenproben auf die Nährstoff-Gehaltsklassen: regionale Auswertung der Verteilung der Gehaltsklassen und kartenmäßige Darstellung, da sich die Gehaltsklassen ändern können, sollte die Datengrundlage jederzeit verfügbar sein	mg/100g Trockenboden bzw. TS	lokal (schlagbezogen)	jährlich, die Werte von P, K, Mg ändern sich nur sehr langfristig, auch N <sub>org</sub> verändert sich langsam, eine jährliche Untersuchung ist nicht zweckmäßig		<ul style="list-style-type: none"> <li>regionale Auswertung existiert bereits auf Basis der Bodenzustandinventur-Daten</li> <li>Zielwerte (Gehaltsklassen) vorhanden (Richtlinien für die sachgerechte Düngung)</li> <li>Auswertung von Gehalten an leicht löslichen Nährstoffen und von Gesamtgehalten ist notwendig (Gesamtgehalte sagen nichts über den pflanzenverfügbaren Anteil aus)</li> <li>für N<sub>min</sub> sind Vorgaben für die Probenahme notwendig (v. a. Zeitpunkt und Bodenzustand, z. B. Wassersättigung des Bodens), die Vorfruchtwirkung muß auch mitberücksichtigt werden</li> <li>Verknüpfung mit Indikator: Nährstoffbilanz (v. a. für N)</li> </ul>
5	Bodenversauerung	pH-Wert-Änderung	pH-Wert	lokal (schlagbezogen)	alle 5 Jahre, zum selben Zeitpunkt	Luft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aus Gründen der Vergleichbarkeit ist eine Vereinheitlichung der Methode zur pH-Wert-Messung innerhalb der EU notwendig</li> </ul>

Schutz des Bodens							
2. Direkte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
6	Bodenbiologie: mikrobielle Aktivität	Veränderung der substratinduzierten Respiration; Dehydrogenase-Aktivität (= Maß für die Intensität mikrobieller Stoffumsetzungen)	methodenabhängig	lokal (schlagbezogen)	jährlich (Frühjahr): definierter Zeitraum, wo Bodenwassergehalt in best. Bereich ist	Schadstoffeinträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition eines Zielwertes (Abstimmung auf Bodentypen)</li> <li>• Bewertung des Parameters (Einteilung in Klassen)</li> <li>• Anwendung des Indikators v. a. im Rahmen von Bodendauerbeobachtungsflächen</li> </ul>
7	Bodenverdichtung	(Zunahme der Bodenverdichtung: Terra-Reifen, Leistungszunahme der Traktoren: scheint nicht zielführend) physikalische Parameter: - Eindringwiderstand - Gefügebeurteilung (makroskopisch) - Durchlässigkeit - Porengrößenverteilung	(g/cm <sup>3</sup> )  physikal. Parameter: je nach Methode	lokal (schlagbezogen)	-	Wasser, Bodenleben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• breiteres Datenmaterial schaffen</li> <li>• Zielgrößen konkretisieren</li> </ul>
8	Schwermetallanreicherung im Boden	Schwermetallgehalte im Boden	Gehalte: ppm bzw mg/kg Anreicherung: g/ha	lokal (schlagbezogen)	alle 5 Jahre	Luft, Abfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• breiteres Datenmaterial schaffen</li> <li>• verbessertes Netz der Dauerbeobachtungsflächen für Gesamtösterreich</li> <li>• Differenzierung des Indikators, inwieweit die Einträge landwirtschaftsbedingt sind</li> </ul>
9	Bodeneutrophierung	N-Eintrag über die Luft (NH <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>x</sub> -Emissionen)	kg/ha	regional, national	jährlich	Wasser, Luft, Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sichere Emissionsfaktoren (v. a. NH<sub>3</sub>-Emissionen aus eingestreuten Haltungssystemen)</li> </ul>

**ad 2. WASSER:**  
**Einteilung in direkte (Meßgrößen) und indirekte Indikatoren (Erhebungsgrößen)**

Einteilung des möglichen Einflusses der Landwirtschaft: Einfluß auf Wassermenge (Verbrauch) und -qualität

Schutz des Wassers: Menge, Verbrauch							
1. Direkte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Wasserressource	Veränderung des Grundwasserspiegels	mm/Jahr	regional	jährlich		

2. Indirekte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Wasserverbrauch	bewässerte Fläche, bewässerbare Fläche (Agrarstrukturhebung)	ha/Jahr	regional, national	alle 5 Jahre bzw. 2 Jahre		<ul style="list-style-type: none"> <li>zusätzliche Erhebung der Wassermengen,</li> <li>zusätzliche Erhebung von Klimadaten: der Wasserverbrauch ist witterungsabhängig</li> </ul>
2	Wasserverbrauch	Anteil der Landwirtschaft an der Gesamtentnahme	%	regional, national	jährlich		
3	Wasserverbrauch	Verbrauch pro produzierte Lebensmitteleinheit	l/kg TS z. B. Mais (Transpirationskoeffizient)	regional		Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schaffung von Grundlagendaten</li> <li>Umrechnungsfaktoren für unterschiedliche Kulturarten</li> </ul>

Schutz des Wasser: Qualität							
1. Direkte Indikatoren: siehe AK Wasser							
2. Indirekte Indikatoren							
	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Nährstoffeinsatz	Nährstoffbilanzen (N, P)	kg und kg/ha	national, regional, lokal (betrieblich, Schlag)	jährlich	Luft, Boden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beim OECD-Ansatz (nationale Flächenbilanz) ist noch offen, ob er in dieser Form in Österreich Anwendung findet</li> <li>• Auswertung der Daten zu betrieblichen Flächenbilanzen: Problem: verfügbares Datenmaterial (ÖPUL 2000: noch offen) und Problem des Datenschutzes</li> </ul>
2	Viehbestand	GVE/ha	Anzahl, Betriebe, GVE/ha, GVE/Betrieb	lokal, regional	jährlich (Daten werden nicht komplett jährlich erhoben)	Luft, Boden	
3	Pestizideinsatz	Pestizidaufwand (verknüpft mit Ökotoxizität) Anteil pflanzenschutzextensiver Früchte an der Ackerfläche Pestizidaufwand auf Wirkstoffbasis	kg/ha, %/a	lokal, regional	jährlich	Luft, Boden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistiken über Wirkstoffmengen existieren – jedoch ist der Schwarzimport erheblich und zahlenmäßig nicht erfassbar.</li> <li>• Aufwandsmengen mit Ökotoxizitätsfaktor koppeln</li> </ul>

## ad 3. LUFT

	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Anteil der Landwirtschaft am Treibhauseffekt	CO <sub>2</sub> -Emissionen, unterteilt in <ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Energieeinsatz und</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Bewirtschaftung der Flächen</li> </ul>	1.000 Tonnen/a oder 100 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente	regional, national	jährlich	Energieeinsatz in der Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Energieeinsatz: Daten aus den Energiestatistiken vorhanden</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Bewirtschaftung der Flächen: Unsichere Datengrundlage, Emissionsfaktoren, Methoden noch nicht ausgereift; keine Messungen/Daten für Österreich, keine methodische Ausarbeitung</li> </ul>
2	Anteil der Landwirtschaft am Treibhauseffekt	CH <sub>4</sub> -Emissionen	1.000 Tonnen/a oder 100 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente	regional, national	jährlich	Viehbestand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsichere Datengrundlage, Emissionsfaktoren, Methoden noch nicht ausgereift</li> </ul>
3	Anteil der Landwirtschaft am Treibhauseffekt	N <sub>2</sub> O-Emissionen	1.000 Tonnen/a oder 100 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente	regional, national	jährlich	Düngeraufwand, Bodenzustand, Viehbestand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsichere Datengrundlage, Emissionsfaktoren, Methoden noch nicht ausgereift</li> </ul>
4	Produktionsbezogener Treibhauseffekt	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	CO <sub>2</sub> -Äquivalente/kg erzeugter Biomasse	regional, national	jährlich		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsichere Datengrundlage, Emissionsfaktoren, Methoden noch nicht ausgereift</li> </ul>
5	Höhe der gasförmigen NO <sub>x</sub> -Emissionen aus der Landwirtschaft, Ausmaß der Beeinträchtigung anderer Ökosysteme	NO <sub>x</sub> -Emissionen	1.000 Tonnen/a	regional, national	jährlich		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsichere Datengrundlage, Emissionsfaktoren, Methoden noch nicht ausgereift</li> </ul>
6	Höhe der NH <sub>3</sub> -Emissionen aus der Landwirtschaft, Ausmaß der Beeinträchtigung anderer Ökosysteme	NH <sub>3</sub> -Emissionen	kg/(ha.a)	regional, national	jährlich	Bodenversauerung (gemeinsam mit NO <sub>x</sub> -, SO <sub>x</sub> und VOC-Immissionen), Eutrophierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionsfaktoren sind nur teilweise vorhanden, v. a. für eingestreute Haltungssysteme, wie sie in Österreich weit verbreitet sind, sollten sie erarbeitet werden</li> </ul>

#### ad 4. BIODIVERSITÄT und LANDSCHAFTSSCHUTZ (Kulturlandschaft mit Werten Erholung und Ästhetik)

	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Biodiversität auf den landwirtschaftlichen Flächen	Kulturartenzusammensetzung	%, Anzahl/ha	lokal, regional, national	jährlich	Bodenerosion, Wasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indikator mit Schlaggröße verknüpfen</li> </ul>
2	Biodiversität auf den landwirtschaftlichen Flächen	Sortenvielfalt (Anbau)	Anzahl	lokal, regional, national	jährlich		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschätzung über verkauftes Saatgut</li> </ul>
3	Biodiversität auf den landwirtschaftlichen Flächen	Schlaggröße, aber ohne Wertung (nicht: klein = gut); Verhältnis Ackerland zu naturnahen Begleitflächen	ha	lokal, regional, national	jährlich	Bodenerosion, Wasser	
4	Biodiversität auf landwirtschaftlichen Begleitflächen	Länge der Ackerrandstreifen in Niederösterreich (Distelverein)	m	lokal, regional	jährlich		
5	Biodiversität auf landwirtschaftlichen Begleitflächen	Ausmaß der Landschaftselemente	% pro ha	lokal, regional, national	jährlich	Bodenerosion	
6	Biodiversität in der Tierhaltung	Anzahl Nutztierarten und –rassen	Anzahl, Anteil verschiedener Arten und Rassen	lokal, regional, national	jährlich		

#### ad 5. RESSOURCEN

	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Maßstab	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
1	Energieeinsatz in der Landwirtschaft	Energiebilanz, Energieeffizienz	Joule/kg produzierte Biomasse bzw. Produktionseinheit	lokal (Betrieb), regional, national;	jährlich	Energie, Luft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition der Systemgrenzen (Produktionsverfahren, Betrieb etc.)</li> </ul>
2	Energieeinsatz in der Landwirtschaft	Energieintensität	Energieverbrauch/Ertrag in Getreideeinheiten und ha	lokal (Betrieb), regional, national	jährlich	Energie, Luft, Nährstoff-einsatz	

**Offene Punkte, die nicht mehr im Arbeitskreis behandelt werden konnten:**

1. Indikatoren für landwirtschaftliche Betriebsstrukturen.
2. Indikatoren für die landwirtschaftliche umweltgerechte Aus- und Weiterbildung sowie Beratung: Welches Ausbildungspotential gibt es für die einzelnen landwirtschaftlichen Produktionsweisen (grundwasserschonende Landwirtschaft, Biolandbau, Integrierte Produktion etc.).
3. Indikatoren für die landwirtschaftliche Forschungsintensität.
4. Instrumente wie Ökobilanzen, MIPS, SPI, ökolog. Fußabdruck.
5. Fläche, die außerhalb der Region gebraucht wird, um Futtermittelbedarf zu decken, als Umweltindikator. Damit wird die Problematik der Aufgabe der Almen in Österreich durch Futtermittelimporte abgebildet. Für alle Futtermittel, die nicht auf österreichischer Fläche produziert sondern importiert werden, bräuchte man 150.000 ha Fläche. Für das Fischmehl in den Futtermittelimporten müßte man zusätzlich diese Fläche noch mit mindestens dem Faktor 10 multiplizieren.  
→ prinzipielle Idee: wenn man Umweltindikatoren für Österreich diskutiert, muß man einerseits erfassen, was auf der Fläche in Österreich passiert und andererseits aber auch, was auf der Fläche außerhalb Österreichs, von denen die Importe kommen, passiert. Generell ist die Definition der Systemgrenzen notwendig.

**Weitere Punkte aus dem Diskussionsverlauf:**

- die soziale und wirtschaftliche Komponente der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung fehlen bei diesem Umweltindikatorenset, diese Komponenten der nachhaltigen Entwicklung wurden in der Veranstaltung ausgeklammert.
  - im Rahmen des Workshops war nur ein Anreißen von Themenbereichen, Fragestellungen und Indikatoren dazu möglich, offene Punkte wurden unter Handlungsbedarf formuliert.
  - die Grundsatzentscheidung, viele oder wenige Indikatoren zu diskutieren fiel zugunsten der vielen Indikatoren, oft auch Parameter aus (möglichst umfassende Diskussion).
  - eine Wertung der Indikatoren wurde zwar als wichtig und notwendig erkannt, konnte aber aus zeitlichen Gründen nicht vorgenommen werden.
  - Eine Einteilung der landwirtschaftlichen Indikatoren in
    - direkte Indikatoren, die mit aufwendiger Meßtechnik gemessen werden können und
    - indirekte Indikatoren, die über Nutzungsparameter erhoben werden können, wurde vorgeschlagen.
- z. B. kann die Bodenfruchtbarkeit anhand der Bodennutzung (indirekter Indikator) oder am C-Gehalt abgelesen werden (direkter Indikator). Zum Problembereich Nährstoffeinsatz wäre der direkte Indikator die Messung des Nitrat-Gehaltes im Sicker- und Grundwasser und der indirekte Indikator der N-Aufwand bzw. die N-Bilanz.
- Eine alles umfassende „Bodenkennzahl“ für den Bereich „Schutzgut Boden“ erscheint kaum umsetzbar.
  - Bodenerosion kann auch durch Eis auftreten, das auftaut (nicht nur durch Regen).
  - Das Gewicht der Kühe wurde als Indikator für Bodenerosion vorgeschlagen, da schwere Kühe auf den Almen Erosionsprobleme verursachen.
  - Pflanzenqualität als Schutzziel wurde andiskutiert.
  - Es bestehen wichtige Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Landschaftsstruktur: Einerseits wird betont, daß die Landwirtschaft von einer vielfältigen Landschaftsstruktur profitiert (z. B. Rebhuhn, Wiesel) und die gesamte Bioregulation im Ökosystem für die Landwirtschaft zum Tragen kommt. Andererseits wurde von Landwirtschaftsseite festgehalten

(Walter), daß für die Aufrechterhaltung einer bestimmten Landschaftsstruktur Nutzungseinschränkungen und besondere Nutzungsformen notwendig sind und es wurde auf das Problem der Landflucht hingewiesen.

- Im Rahmen des Schutzziels Bodenschutz wurde auch der Problembereich Bodenverlust durch „Versiegelung“ und Indikatoren dafür andiskutiert, im Rahmen des Workshops wurde dieser Themenbereich jedoch nicht näher behandelt, da vorrangig Umweltprobleme in Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Aktivitäten bearbeitet wurden.
- Der OECD-Indikator für inhärente Bodenqualität (9 stufige Skala) wurde für gut befunden und Handlungsbedarf darin festgestellt, dieses Modell für Österreich zu verwenden und mit Hilfe eines GIS darzustellen.
- Kurz wurde die Güllewirtschaft andiskutiert: Einerseits kann es durch Gülledüngung zu großen Einträgen in Oberflächengewässer kommen (Katzmann), andererseits ist nur die unsachgemäße Güllewirtschaft ein Umweltproblem und grundsätzlich sollten vorrangig Wirtschaftsdünger und Leguminosen zur Deckung des Nährstoffbedarfs am landwirtschaftlichen Betrieb verwendet werden. Bei sachgemäßer Anwendung sind diese aus Umweltsicht „besser“ als Mineraldünger (Amon).
- Die Höhe des Grundwasserspiegels wurde als Indikator für die Empfindlichkeit des Grundwassers gegenüber N-Austrägen aus der Landwirtschaft genannt.
- Es wurde der Wunsch geäußert, die Arbeitsgruppe weiterleben zu lassen (Walter) unter Beziehung eines Vertreters vom ÖSTAT.

Folgende Fragen sollten vor einer weiteren Arbeit an Indikatoren geklärt bzw. festgelegt werden (Strübl):

- In welchen Bereichen sollen die erarbeiteten Umweltindikatoren verwendet werden? (Zielorientierung)
- Für welche(n) Zweck(e) sollen sie eingesetzt werden? (wirtschaftspolitische oder agrarpolitische, nationale oder internationale Entscheidungen, Umweltschutz oder Produktionsoptimierung, oder andere)
- Was bedeutet Schutzziel? (z. B.: Schutzziel Boden: ist der Boden vor natürlichen oder künstlichen Veränderungen zu schützen, vor menschlichen Einflüssen, oder ist seine Produktivität zu erhalten und zu steigern)
- Wie kann verhindert werden, daß Indikatorzahlen ohne die entsprechende Interpretation (bzw. falsch interpretiert) mißbräuchlich verwendet werden und so die Grundlage für eine falsche Argumentation bilden?

Vor allem die Erstellung eines einzigen umfassenden Umweltindikators könnte nur für genau definierte Zwecke und gemeinsam mit der zugehörigen Interpretation vertreten werden (Strübl).

## **ARBEITSKREIS ENERGIE – IMPULSREFERAT**

# **NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN FÜR DEN ENERGIEBEREICH: ANSÄTZE FÜR STRATEGISCHE UMWELTINFORMATIONEN**

**Helmut Haberl**

*Interdisziplinäres Institut für Forschung und Fortbildung der Universitäten Klagenfurt, Wien, Innsbruck und Graz (IFF), Abteilung Soziale Ökologie*

## **1 EINLEITUNG**

Nachhaltige Entwicklung ist ein Prozeß, der nur an der Interaktion zwischen gesellschaftlichen Systemen mit ihrer natürlichen Umwelt festgemacht werden kann. Es geht dabei um ein Problem der *"dynamischen Entsprechung"* zwischen gesellschaftlichen Ansprüchen an die Natur (Ressourcenentnahme, Abgabe von Abfällen/Emissionen, Eingriffe in natürliche Systeme) und dem jeweiligen historischen Naturzustand (Ressourcenverfügbarkeit, Aufnahme-/Abbaupazität, natürliche Produktivität) (FISCHER-KOWALSKI, 1997).

Es können zwei Grundmuster der Wechselwirkung zwischen gesellschaftlichen Systemen und ihrer natürlichen Umwelt unterschieden werden, die jeweils an verschiedene Bereiche der internationalen Umwelt- und Nachhaltigkeitsdiskussion anschließen (FISCHER-KOWALSKI & HABERL, 1993, FISCHER-KOWALSKI et al., 1997):

1. "Gesellschaftlicher Stoffwechsel": Der materiell-energetische Austausch zwischen sozio-ökonomischen Systemen – etwa einer Nationalökonomie – und ihrer natürlichen Umwelt, d. h. die Entnahme von Material und Energie aus der natürlichen Umwelt in Form von Rohstoffen bzw. immateriellen Energieträgern, die Verarbeitung innerhalb der Gesellschaft und die Abgabe an die natürliche Umwelt in Form von Abfällen und Emissionen. Dieses Grundmuster ist Basis der sich rasch entwickelnden Forschung in einem neuen, interdisziplinären Bereich der Umweltforschung, der als "industrielle Ökologie", "physische Ökonomie" oder "industrieller Stoffwechsel" bezeichnet wird (ADRIAANSE et al., 1997, BRINGEZU et al., 1997, ERKMANN, 1997, FISCHER-KOWALSKI, 1997, BRINGEZU et al., 1998).
2. "Kolonisierung von Natur": Die gezielte gesellschaftliche Umgestaltung von natürlichen Systemen mit dem Ziel, den aus ihnen gewinnbaren gesellschaftliche Nutzen zu erhöhen (FISCHER-KOWALSKI & HABERL, 1993, FISCHER-KOWALSKI et al., 1997, HABERL et al., 1998). Ein prominentes Beispiel dafür ist die Landnutzung (MEYER & TURNER, 1992, MEYER & TURNER, 1994, TURNER et al., 1994, MEYER, 1996): Sie beruht darauf, wesentliche Parameter von Landökosystemen zu beeinflussen. Prominentestes Beispiel ist die Landwirtschaft, die unter anderem die Artenzusammensetzung, die Bodenbeschaffenheit sowie die Nährstoff- und Wasserversorgung steuert, um die Produktion bestimmter Formen von Biomasse für Zwecke der Ernährung, Rohstoff- oder Energieversorgung zu fördern.

Nachhaltigkeitsprobleme entstehen, wenn die Aufrechterhaltung dieser Wechselwirkung in Gefahr gerät oder unmöglich wird, etwa weil bestimmte Ressourcen erschöpft werden, weil Eingriffe unerwartete oder unerwünschte Auswirkungen in natürlichen Systemen zeitigen oder weil sich der Zustand natürlicher Systeme plötzlich verändert. Nachhaltigkeitsprobleme können daher sowohl mit dem Stoffwechsel, als auch mit der Kolonisierung in Zusammenhang stehen.

## 2 UMWELT- UND NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN

In der Indikatorenforschung wurde in den letzten Jahren vor allem der sogenannte "Pressure-State-Response"-Ansatz (PSR-Ansatz) verfolgt, der in den frühen 90er Jahren von der OECD entwickelt worden war (OECD, 1994). Dieser versucht, Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren in drei Kategorien zu gliedern:

1. *Pressures*, also Indikatoren für potentiell umweltbelastende gesellschaftliche Eingriffe in die natürliche Umwelt – z. B. CO<sub>2</sub>-Emissionen.
2. Mit *States* sind Indikatoren für den Zustand der natürlichen Umwelt gemeint (z. B. die Weltdurchschnittstemperatur).
3. Als *Responses* werden umweltpolitische Maßnahmen zur Verbesserung des Umweltzustands bzw. zur Verminderung der Pressures bezeichnet (z. B. CO<sub>2</sub>-Aufnahme aus der Atmosphäre durch Senken oder Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen).

Praktisch alle Initiativen zur Entwicklung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren bzw. Systemen solcher Indikatoren arbeiteten mit dem PSR-Schema (SRU, 1998).

Der deutsche Sachverständigenrat für Umweltfragen kam in seinem Gutachten 1998 zum Ergebnis, dieser Ansatz sei bei der Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren bisher nicht sehr erfolgreich gewesen, unter anderem deshalb, weil die soziale und ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit nicht ausreichend berücksichtigt worden sei (SRU, 1998). Ein Versuch, dieses Problem zu lösen, besteht in der Einführung einer neuen Kategorie an Indikatoren, den sogenannten "sozio-ökonomischen Driving Forces". Diese Indikatoren sollen gesellschaftliche Trends abbilden, die hinter den Pressures stehen und diese maßgeblich beeinflussen. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts, das zwar – als monetäre Größe – nicht direkt ökologisch relevant ist, aber möglicherweise mit physischen Prozessen (z. B. Ressourcenverbrauch, Energieeinsatz etc.) verknüpft ist, die direkt mit Pressures verbunden sind.

Ein weiteres Problem des PSR-Schemas besteht in den "Responses". Diese beruhen auf der Idee einer zyklischen Ursache-Wirkungsbeziehung: Pressures lösen Veränderungen im Umweltzustand aus, die mit State-Indikatoren erfaßt werden können. Die Veränderungen der States führen zu umweltpolitischen Maßnahmen, die mit Hilfe von Response-Indikatoren abgebildet werden können. Im Hinblick auf das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung ist diese Kategorie an Indikatoren allerdings zu eng definiert: "Responses" zielen auf eine Beobachtung der Umweltpolitik ab und werden damit dem wesentlichen breiteren Ansatz einer Politik der nachhaltigen Entwicklung nicht gerecht, die auf umfassenden Reformen in zahlreichen Politikbereichen (z. B. Wirtschaftspolitik, Steuerpolitik etc.) beruht.

In einem Projekt der Kulturlandschaftsforschung ("Prozeßorientierte top-down Planungsindikatoren, vgl. HABERL et al., 1999) wurde ein Indikatorenschema vorgeschlagen, das versucht, eine umfassendere Beobachtung der Gesellschaft-Natur-Interaktion zu ermöglichen und damit die für eine nachhaltige Entwicklung relevanten Prozesse zu erfassen. Dieses schließt an das PSR-Schema an und enthält folgende Indikatorenkategorien: (1) Sozio-ökonomische Driving forces, (2) Pressures, (3) States (Zustand natürlicher und sozio-ökonomischer Systeme) und (4) Rückwirkungen des Umweltwandels auf die Gesellschaft.

Auf Basis von Indikatorensystemen mit dieser Komplexität sollte es möglich sein, Prozeßmodelle zu entwickeln, die eine Analyse der Wechselwirkungen zwischen sozio-ökonomischen Systemen und ihrer natürlichen Umwelt erlauben würde. Derartige Indikatorensysteme, die erst eine umfassende Analyse aller Dimensionen nachhaltiger Entwicklung erlauben würden, sind allerdings erst in ersten Ansätzen verfügbar und müßten großteils erst entwickelt werden (HABERL et al., 1999).

Neben zahlreichen Detailinformationen in derartigen umfassenden Systemen von Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsindikatoren, die sich im wesentlichen an spezialisierte Adressatenkreise (z. B. die Wissenschaft) richten, sind für breitere Anwenderschichten vor allem auch aggregierte

gierte, *strategische Umweltinformationen und -indikatoren* nötig. Diese liefern ein bewußt vereinfachtes Bild, sind aber besser geeignet, Rück- oder Fortschritte im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung einem breiteren Publikum in verständlicher Weise zu kommunizieren. Sie beruhen letztlich auf den vorhandenen statistischen Materialien, verwenden diese aber zur Berechnung neuer Maßzahlen bzw. Indikatoren, die neue Einsichten ermöglichen. Sie können und sollen sinnvollerweise Teil der umfassenderen Indikatorensysteme sein – z. B. in Form sogenannter "Headline-Indicators" (vgl. die Diskussion am Workshop).

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf Beispiele für derartige strategische Indikatoren und beschränkt auf den Bereich der *Pressure-Indikatoren*, allerdings mit Bezug auf die skizzierte Systematik von umfassenderen Systemen von Nachhaltigkeitsindikatoren. Konkret bedeutet das, daß diese Indikatoren nach Möglichkeit so gestaltet sind, daß sie an Indikatoren für Sozio-ökonomische Driving Forces angeschlossen sind, z. B. indem sie im Prinzip auf die Systematik der Wirtschaftsberichterstattung bezogen werden können (z. B. an die Sektorengliederung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung).

### **3 GESELLSCHAFTLICHE MATERIAL- UND ENERGIEFLÜSSE: ANSÄTZE ZU NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN**

Die Erstellung von Material- und Energiebilanzen hat sich in den letzten Jahren verstärkt als Ansatz zur Entwicklung von strategischen Umweltinformationen für verschiedene Zwecke herausgestellt. Im Grundsatz geht es dabei darum, jene Dimensionen sozio-ökonomischer Prozesse zu beschreiben, die für die natürliche Umwelt relevant sind. Geht man davon aus, daß in erster Linie die physischen – d. h. materiellen oder energetischen – Prozesse innerhalb eines sozio-ökonomischen Systems (z. B. einer Nationalökonomie) für die natürliche Umwelt relevant sind, so ergibt sich daraus ein Ansatz, der in den letzten Jahren unter Bezeichnungen wie "sozio-ökonomischer Metabolismus", "gesellschaftlicher Stoffwechsel" oder "industrieller Metabolismus" bekannt geworden ist (AYRES & KNEESE, 1969, AYRES & SIMONIS, 1994, ADRIAANSE et al., 1997, FISCHER-KOWALSKI, 1997, HÜTTLER et al., 1997, AYRES & AYRES, 1998, FISCHER-KOWALSKI, 1998, SCHANDL, 1998).

Dieser Ansatz geht davon aus, daß eine Beschreibung der Material- und Energieströme innerhalb von sozio-ökonomischen Systemen eine wichtige Basis für strategische Umweltinformationen im oben diskutierten Sinn darstellt. Sowohl Material-, als auch Energiebilanzen können für die Entwicklung von strategischen Umweltindikatoren genutzt werden (HAMMOND et al., 1995, JÄNICKE, 1995, BRINGEZU et al., 1997, FISCHER-KOWALSKI et al., 1997, BRINGEZU et al., 1998). Als "Headline-Indicator", der z. B. in Form einer Zeitreihe strategische Bedeutung für die Bewertung des Umweltverbrauchs geeignet ist, wird dabei vor allem der Gesamtdurchsatz einer Volkswirtschaft an Material und Energie angesehen. Bei der Beschreibung von Nationalökonomien sind zwei verschiedene Bilanzräume möglich, die jeweils für unterschiedliche Zwecke geeignet sind:

1. Die Beschreibung der Material- und Energieflüsse, die mit der ökonomischen Aktivität in einem Land unmittelbar verknüpft sind. Dabei werden die Importe und Exporte entsprechend ihrer Masse bzw. ihres physikalischen Energieinhalts beim Überqueren der Grenze berücksichtigt. Material, das zwar umgesetzt wird, aber nicht in den Wirtschaftskreislauf Eingang findet, wird nicht berücksichtigt (z. B. Bodenaushub, umgepflügter Boden, gefördertes taubes Gestein etc.). Auf diese Weise können Material- und Energiebilanzen erstellt werden, die es erlauben, ein physisches Abbild der Wirtschaft in einem Land zu zeichnen, das mit der wirtschaftlichen Aktivität in diesem Land unmittelbar verknüpft werden kann ("physical economy"). Derartige Materialbilanzen können etwa mit Hilfe von Input-Output-Methoden gut mit der Wirtschaftsberichterstattung verknüpft werden (STAHMER et al., 1997).

2. Eine andere Logik liegt jenen Ansätzen zugrunde, die versuchen, die Gesamtmenge an Material (oder Energie) zu erfassen, die bewegt werden mußte, um die von der Bevölkerung eines Landes verbrauchten Güter und Dienstleistungen zu erbringen. Bezogen auf einzelne Produkte ist das der sogenannte MIPS-Ansatz (Materialinput pro Serviceeinheit) des Wuppertal-Institutes (SCHMIDT-BLEEK, 1994). Dieser kann auch auf eine ganze Nationalökonomie angewandt werden, indem die "ökologischen Rucksäcke" von importierten Gütern und inländisch entnommenen Materialien berücksichtigt werden (BRINGEZU et al., 1997, BRINGEZU et al., 1998).

Die beiden Ansätze schließen einander nicht aus. Für nationale Umweltindikatorensysteme ist der erste Ansatz vorzuziehen, weil er eine direktere Anknüpfung an die ökonomischen Berichterstattungssysteme, insbesondere die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, erlaubt, stärker jene Flüsse betont, auf die innerhalb der jeweiligen Volkswirtschaft direkt Einfluß genommen wird und mit deren Hilfe das Volkseinkommen erwirtschaftet wird, und nicht zuletzt weil die Erstellung derartiger Material- oder Energiebilanzen methodisch leichter ist. In jedem Fall sollte von einer Darstellung Abstand genommen werden, in der "Rucksäcke" und wirtschaftlich verwertete Material- und Energiemengen aggregiert werden (BRINGEZU et al., 1997).

In Österreich wurden Materialbilanzen bereits im Nationalen Umweltplan eingesetzt (NUP, 1995). Seit 1998 erstellt das ÖSTAT nationale Materialbilanzen und wird diese in Hinkunft periodisch publizieren (PAYER et al., 1998, WOLF et al., 1998).

Bei der Ermittlung des Energieflusses durch eine Volkswirtschaft kann weitgehend auf die bestehenden Energiestatistiken zurückgegriffen werden (KVAPIL, 1998). Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß die Energiebilanzen sehr wesentliche Teile des sozio-ökonomischen Energieflusses ausblenden. Amtliche Energiestatistiken sind Teile der Wirtschaftsberichterstattung und berücksichtigen nur die Umwandlung von Energie zur Bereitstellung von Wärme, Licht und mechanischer Arbeit in technischen Prozessen. Zusätzlich wird die Verwendung fossiler Energieträger für "nicht-energetische Zwecke", also im wesentlichen für chemische Prozesse, berücksichtigt. Nicht erfaßt wird die "nicht-energetische" Verwendung von Biomasse (z. B. Holz für Papier, Bauten, Möbel, agrarisch gewonnene Fasern etc.) und die Ernährung von Menschen und Nutztieren. Ernährung stellt jedoch ebenfalls einen sehr wesentlichen Prozeß der Energieversorgung dar und stellt mittelbar die Energie für die von Nutztieren und Menschen geleistete physische Arbeit bereit.

Bei der Erfassung des gesamten Energiedurchsatzes von Gesellschaften ist es daher sinnvoll, den Energiefluß aufgrund der gesamten Biomassenutzung einer Volkswirtschaft in konsistenter Weise mit zu berücksichtigen (HABERL, 1997a):

- Inländische Entnahme: Inländische Entnahme von Rohenergie (Primärenergie). Hierbei kann auf Basis von Daten der ÖSTAT-Land- und Forstwirtschaftsstatistik sowie der ÖSTAT-Holzbilanzen die Biomasseenergie berücksichtigt werden, indem die in Land- und Forstwirtschaft geernteten Energiemengen in Energieeinheiten umgerechnet werden.
- Import/Export: Die Berücksichtigung importierter und exportierter Energiemengen in Form von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Holz kann auf Basis von Außenhandelsdaten erfolgen.

Auf Basis dieser Korrekturen können folgende Aggregate berechnet werden, die analog zur üblichen Energiestatistik definiert werden können:

- Der Gesamtenergieinput, definiert als inländische Entnahme plus Import;
- der Inlandsverbrauch, definiert als Gesamtenergieinput minus Export.

Beide Größen können in absoluten Einheiten [ $\text{PJ}\cdot\text{a}^{-1}$ ], bezogen auf die Einwohnerzahl [ $\text{GJ}\cdot\text{EW}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ] oder das Bruttoinlandsprodukt [ $\text{kJ}\cdot\text{ATS}^{-1}$ ] angegeben werden.

Das Prinzip dieser Berechnungen zeigt Abbildung 1, die den Gesamtenergiefluß in Österreich für das Jahr 1991 darstellt. Bei einer Interpretation dieser Abbildung ist zu berücksichtigen, daß alle Energieträger auf Basis ihres Brennwertes (und nicht ihres Heizwertes) bewertet wurden. Es zeigt sich, daß die Verwendung von Biomasse quantitativ durchaus bedeutsame

Ausmaße hat, wobei die "nichtenergetische" Verwendung nicht genau bestimmbar ist. Dies auch deshalb, weil bei der Biomasse eine "kaskadische" Nutzung (energetische Nutzung der Abfallstoffe aus der materiellen Nutzung) eine wichtige Rolle spielt und daher häufig eine "Koppelproduktion" vorliegt, die die Zuordnung erschwert.

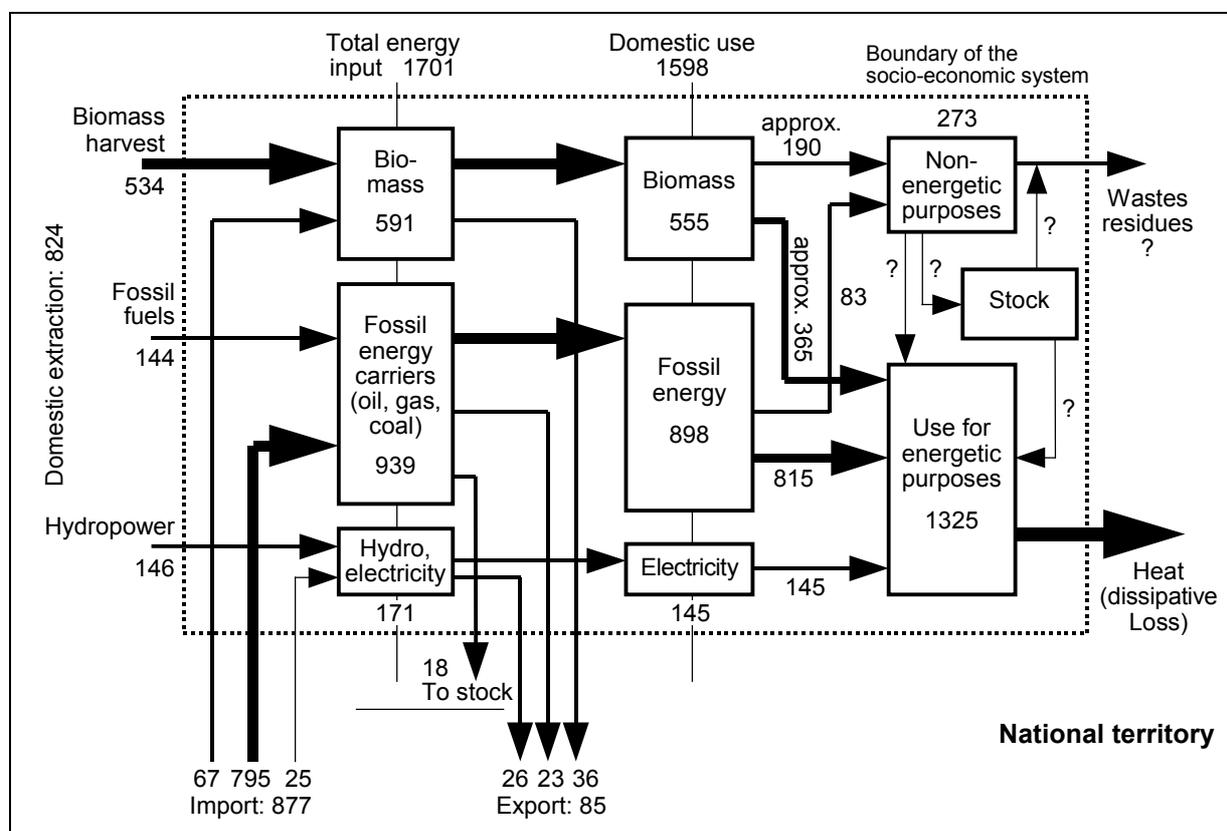


Abb. 1: Energiefluß in Österreich 1991. Quelle: HABERL, 1997a.

Diese Größen können als Zeitreihe dargestellt werden. Abbildung 2 zeigt den Inlandsverbrauch an Energie in Österreich 1960-1991. Die Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse nimmt bis etwa 1980 zu und bleibt dann weitgehend konstant; die Holznutzung erreicht Anfang der 70er Jahre ihre geringsten Werte und nimmt dann wieder zu.

Eine Erweiterung des Energiebegriffs in der hier skizzierten Weise hat gegenüber der Beschränkung auf den rein technischen Energieeinsatz folgende Vorteile:

1. Es erfolgt eine vollständigere Erfassung der gesellschaftlichen Energieflüsse, insbesondere wird die – für eine nachhaltige Entwicklung – besonders relevante Versorgung mit Nahrungsenergie explizit berücksichtigt.
2. Der hier vorgestellte Energiebegriff ist sowohl in einem universalhistorischen Vergleich (etwa zwischen verschiedenen Subsistenzweisen wie Jägern und Sammlern, Agrar- und Industriegesellschaften) verwendbar, als auch bei einem interkulturellen Vergleich (Industrieländer, Subsistenzwirtschaften in Ländern der Dritten Welt).
3. Die Nutzung von Biomasseenergie wird zwar oft als "nachhaltig" angesehen, weil Biomasse jährlich neu gebildet wird und daher – bei geeigneter Bewirtschaftungsweise – unerschöpflich ist. Die mit der Nutzung von Biomasse einhergehende Flächeninanspruchnahme stellt jedoch eine stark limitierende Größe für die Entwicklung von Gesellschaften dar. Zudem führt Flächennutzung zu einer Beanspruchung von Ökosystemen, die unter anderem auch zu Veränderungen im Biomasse- und damit Kohlenstoffbestand führen (biologische Quellen und Senken, siehe unten). Diese sind daher auch unter dem Gesichtspunkt des Klimaschutzes von Bedeutung.

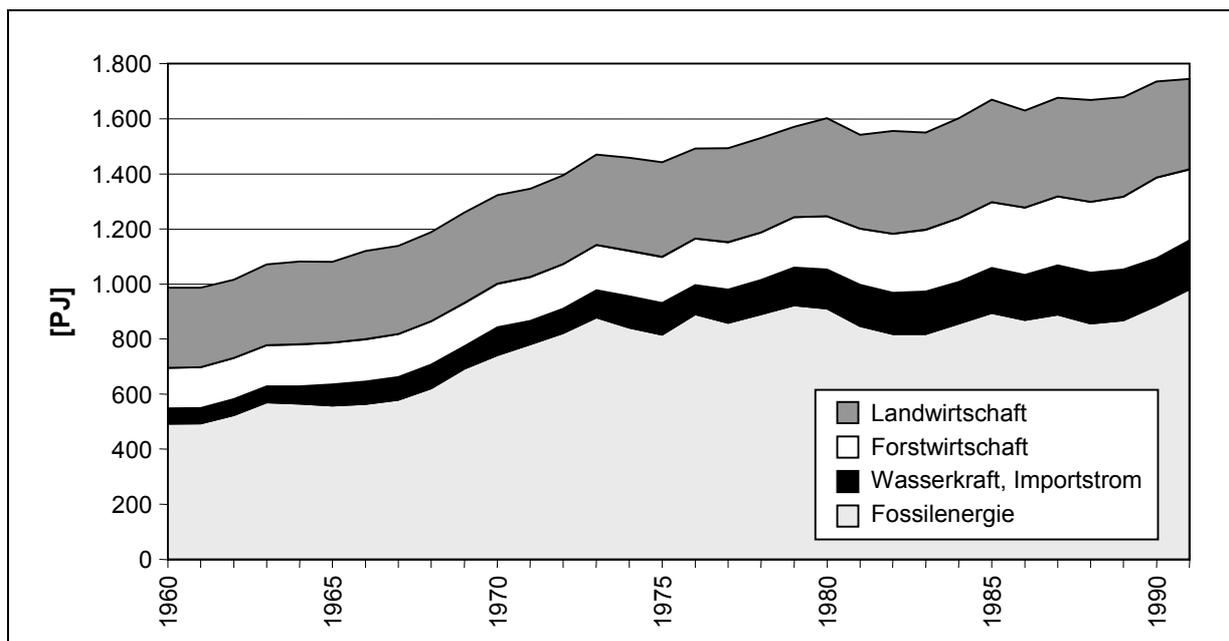


Abb. 2: Inlandsverbrauch an Energie in Österreich 1960-1991 unter Berücksichtigung von land- und forstwirtschaftlicher Biomasse. Quelle: HABERL, 1997a.

## 4 INDIKATOREN FÜR FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Die Flächennutzung stellt eine zentrale Dimension nachhaltiger Entwicklung dar und wird mittlerweile in globalen Forschungsinitiativen untersucht (MEYER & TURNER, 1992, TURNER et al., 1993, MEYER & TURNER, 1994, TURNER et al., 1994, TURNER et al., 1995, MEYER, 1996). Die globale Landfläche ist eine wichtige begrenzende Ressource für die nachhaltige Entwicklung (WACKERNAGEL & REES, 1996, WACKERNAGEL & REES, 1997b). Flächennutzung, insbesondere wenn sie mit einer Änderung der Flächenbedeckung verbunden ist, kann zu Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt der Landökosysteme führen und ist daher für den Klimaschutz von besonderer Bedeutung (HOUGHTON, 1995).

Verwendet man den oben diskutierten, breiteren Begriff von Energienutzung, so wird klar, daß ein enger Konnex zwischen Energienutzung und Flächennutzung besteht: Ein Großteil der Flächennutzung erfolgt durch Land- und Forstwirtschaft und dient der Versorgung einer Gesellschaft mit Biomasse für Ernährung, technische Energiegewinnung und für materielle Nutzung. Wichtige Arbeiten zur Entwicklung von Indikatoren für nachhaltige Landnutzung wurden in der vom Wissenschaftsministerium initiierten "Kulturlandschaftsforschung" durchgeführt, u. a. das Projekt "Raumorientierte top-down Planungsindikatoren" (Projektleiter Dr. Thomas Wrba, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien) und das Projekt "Prozeßorientierte top-down Planungsindikatoren" (unter meiner Leitung, vgl. HABERL et al., 1999). Im vorliegenden Kapitel werden zwei Ansätze für Indikatoren, die einen Konnex zwischen Energie- und Materialflüssen und Flächeninanspruchnahme herstellen, diskutiert.

## 4.1 NPP-Aneignung

In der modernen Ökologie wird der Energiefluß als wichtiger "makroökologischer" Parameter betrachtet (vgl. ODUM, 1983), der mit der Struktur und Funktion von Ökosystemen in engem Zusammenhang steht. Im Prozeß der Photosynthese wandeln grüne Pflanzen das Sonnenlicht in chemisch gebundene Energie um, die dann für weitere Prozesse wie Pflanzenwachstum (Zuwachs des "Standing crop", also des Biomassevorrats) und heterotrophe Nahrungsketten (Herbivore, Carnivore, Destruenten) zur Verfügung steht. Dieser Energiefluß hält alle Lebensprozesse in Ökosystemen aufrecht. Ein wichtiger Parameter zur Beschreibung des ökosystemaren Energieflusses ist die Nettoprimärproduktion (NPP). Dabei handelt es sich um den Zuwachs an Biomasse der grünen Pflanzen an einem bestimmten Ort bzw. auf einer bestimmten Fläche in einer definierten Zeiteinheit (häufig ein Jahr). Die NPP kann als Biomasse- oder Kohlenstofffluß in Masseneinheiten (kg Trockensubstanz ... kg DM, kg Kohlenstoff ... kg C) oder als Energiemenge (Joule ... J) angegeben werden.

Menschliche Gesellschaften greifen auf zweierlei Weise in die Nettoprimärproduktion bzw. ihre Verfügbarkeit in Ökosystemen ein:

1. Durch Landnutzung wird die NPP der betroffenen Flächen verändert. So verhindert die Errichtung einer Straße oder eines Gebäudes jegliches Pflanzenwachstum auf der versiegelten Fläche. Landwirtschaft kann die NPP deutlich senken, aber auch (vor allem in trockenen Gebieten durch Bewässerung) steigern.
2. Durch Ernte wird die Biomasse aus dem System entfernt und steht in weiterer Folge nicht für natürliche Prozesse in Ökosystemen (Nahrungsketten) zur Verfügung.

Der Indikator "NPP-Aneignung" ist als Differenz zwischen der NPP der potentiellen Vegetation und dem Teil der aktuellen NPP, der nach der Ernte im Ökosystem verbleibt, definiert (VI-TOUSEK et al., 1986, WRIGHT, 1990, HABERL, 1997b). Er zeigt somit das Ausmaß der gesellschaftlichen Veränderung der Energieverfügbarkeit in Ökosystemen an: Je höher die NPP-Aneignung, desto weniger Energie bleibt in den Ökosystemen für nicht gesellschaftlich kontrollierte heterotrophe Prozesse (z. B. Nahrungsketten, Nährstoffrecycling etc.) übrig.

Empirische Arbeiten im Rahmen der Kulturlandschaftsforschung haben dazu beigetragen, das Ausmaß und das räumliche Muster der NPP-Aneignung in Österreich zu klären. Dabei wurde aus methodischen Gründen die Aneignung oberirdischer NPP (ANPP von aboveground NPP) ermittelt. In diesem Projekt wurde die ANPP-Aneignung Anfang der 90er Jahre auf Basis von drei voneinander unabhängigen Datenbasen über Landnutzung und Landbedeckung räumlich hoch auflösend berechnet: (1) ÖSTAT-Flächenstatistik (Bodennutzungserhebung, Grundstücksdatenbank; räumliche Auflösung: Gemeinden), (2) CORINE-Landcover-Datenset des UBA (räumliche Auflösung unserer Rechnung: Bezirke; vgl. AUBRECHT, 1996, LIEBEL & AUBRECHT, 1996) und (3) das Landbedeckungsmodells des Österreichischen Forschungszentrums Seibersdorf (räumliche Auflösung: 100x100-Meter-Raster; vgl. LOIBL & ORTHOFER, 1996, STEINNOCHER, 1996, LOIBL, 1998). Weiters wurde die NPP-Aneignung in Österreich in den Jahren 1830 bis 1995 berechnet (WEISZ et al., 1999).

Die aktuellen Muster der Bodennutzung führen dazu, daß die ANPP der aktuellen Vegetation (rund 1280 PJ.a<sup>-1</sup>) um rund 13 % geringer ist als die ANPP der potentiellen Vegetation (1481 PJ.a<sup>-1</sup>). Land- und forstwirtschaftliche Ernte entfernen weitere 557 PJ Biomasseenergie aus Ökosystemen, sodaß die NPP-Aneignung in Summe 51 % beträgt (Tabelle 1).

Die Verminderung der ANPP durch Landnutzung trägt durch gesamten ANPP-Aneignung etwa 25 % bei; drei Viertel der ANPP-Aneignung entfallen auf die Ernte von Holz und landwirtschaftlichen Produkten.

Tab. 1: Gesellschaftliche Aneignung oberirdischer NPP in Österreich Anfang der 90er Jahre.

	[PJ.a <sup>-1</sup> ]	[% der ANPP <sub>0</sub> ]
ANPP der potentiellen Vegetation (ANPP <sub>0</sub> )	1481	100 %
ANPP der aktuellen Vegetation (ANPP <sub>akt</sub> )	1276-1287	86-87 %
Ernte von ANPP (ANPP <sub>e</sub> )	557	38 %
Verbleib in Ökosystemen (ANPP <sub>t</sub> )	720-730	49 %
ANPP-Aneignung (ANPP <sub>a</sub> )	751-762	51 %

Quelle: WEISZ et al., 1999

Die Flächennutzung beeinflusst nicht nur die jährlichen Energie- bzw. Material- und Kohlenstoffflüsse, sondern auch den Biomassevorrat in terrestrischen Ökosystemen. Im Rahmen des genannten Projekts der Kulturlandschaftsforschung untersuchte Karl-Heinz ERB die gesellschaftliche Beeinflussung des oberirdischen Biomassevorrates (Standing Crop) durch die Landnutzung. Er verglich dabei den Standing Crop der aktuellen Vegetation mit jenem der hypothetischen natürlichen Vegetation (ERB, 1999). Der Standing Crop der oberirdischen hypothetischen natürlichen Vegetation beträgt demnach 2,2 Milliarden Tonnen Trockensubstanz (2,2 Gt DM, das entspricht 1 Gt C bzw. 43,2 EJ), jener der aktuell vorherrschenden Vegetation nur etwa 0,8 Gt DM (0,36 Gt C, 15,7 EJ). Dies entspricht einer Netto-Freisetzung von ca. 630 Millionen Tonnen Kohlenstoff (630 MtC) im Verlauf der Urbarmachung Österreichs. Diese Menge entspricht etwa dem 40-fachen der derzeitigen jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen Österreichs (ca. 16 Mt C). Daß die Vegetation heute als Netto-Senke fungiert und jährlich rund 3,5 Mt C bindet, ist nur durch diese Kohlenstofffreisetzung im Rahmen der Urbarmachung Österreichs möglich.

Die Nutzung von Biomasse stellt also nicht nur einen wichtigen Teil des gesellschaftlichen Gesamtdurchsatzes an Energie dar, sondern ist auch ökologisch hoch relevant. Die NPP-Aneignung greift nicht nur in alle möglichen Funktionszusammenhänge in Ökosystemen ein, sondern könnte möglicherweise auch einen Beitrag zur Gefährdung der Artenvielfalt leisten (vgl. WRIGHT, 1987, WRIGHT, 1990, HABERL, 1997b). Sie beeinflusst weiters den Kohlenstoffhaushalt der Ökosysteme und ist somit unter Klimaschutz-Gesichtspunkten beobachtenswert.

## 4.2 Der ökologische Fußabdruck

Das Konzept des Ökologischen Fußabdrucks (Ecological Footprint) wurde von Mathis Wackernagel und William Rees entwickelt (WACKERNAGEL & REES, 1996, WACKERNAGEL & REES, 1997a, WACKERNAGEL & REES, 1997b, WACKERNAGEL, 1998, WACKERNAGEL et al., 1998). Die Grundidee des "ökologischen Fußabdrucks" ("Ecological Footprint") beruht auf der Überlegung, daß die verfügbare, ökologisch produktive Fläche ein entscheidender limitierender Faktor für eine nachhaltige Entwicklung darstellt. Die auf einer Fläche eintreffende solare Exergie kann als primäres energetisches Einkommen der Erde betrachtet werden, an das fast jeder Lebensprozeß gekoppelt ist. Die Exergie wird durch das Auftreffen auf einem bestimmten Abschnitt der Erdoberfläche wirksam; daher ist die Inanspruchnahme von Fläche eine wesentliche Basisdimension einer nachhaltigen Entwicklung. Die Fläche ist zudem nicht vermehrbar, sodaß hier, im Unterschied zu vielen anderen Nachhaltigkeitsindikatoren, eine klare Grenze der Verfügbarkeit gezogen werden kann (KROTSCHKEK & NARODOSLAWSKY, 1996). Dieses Konzept erlaubt es daher, Nachhaltigkeitsgrenzen definierbar zu machen, indem das Ausmaß an Flächen untersucht wird, die zur Bereitstellung der gesellschaftlich benötigten Ressourcen nötig sind.

Die Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks beruht darauf, zu berechnen, wieviel Wald, Ackerland, Weidefläche und Bauland nötig sind, um die von einer Bevölkerung jährlich verbrauchten Güter bereitzustellen. Die Inlandsnachfrage wird dabei als inländische Erzeugung

plus Import minus Export berechnet. Die Umrechnung des Verbrauchs an Fossilenergie geschieht dabei über die Berechnung jener Fläche, die jährlich in Form von Wald bereitgestellt werden müßte, um das ausgestoßene CO<sub>2</sub> zu binden. Der Fußabdruck beruht also auf zwei Typen von Flächennutzung: Die tatsächlich produktiv genutzte Fläche sowie eine hypothetische Flächeninanspruchnahme durch Fossilenergienutzung. Diese beruht auf der Annahme, daß eine stetige CO<sub>2</sub>-Anreicherung in der Atmosphäre nicht mit dem Ziel der Nachhaltigkeit vereinbar ist und daher jeder CO<sub>2</sub>-Emission eine entsprechende CO<sub>2</sub>-Absorptionsfläche gegenüberstehen muß. Alternativ kann man auch die hypothetische Flächeninanspruchnahme so berechnen, daß ermittelt wird, welche Fläche nötig wäre, um den Bedarf an Fossilenergie durch biogene Brenn- und Treibstoffe zu decken.

Der ökologische Fußabdruck schätzt ab, wieviel Land- und Wasserfläche nötig ist, um für die Bevölkerung eines Landes kontinuierlich die Güter herzustellen, die sie verbraucht, und den Abfall abzubauen, der beim Verbrauch anfällt (WACKERNAGEL & REES, 1996, WACKERNAGEL & REES, 1997a, WACKERNAGEL & REES, 1997b). Um internationale Vergleiche zu erleichtern, wird der Fußabdruck in der Regel als pro-Kopf-Wert (Hektar je Einwohner) angegeben. Diese Größe kann in Beziehung zur Verfügbarkeit an Fläche gesetzt werden, wobei hier verschiedene "Gerechtigkeitskriterien" angewendet werden können. So kann etwa der Fußabdruck eines Landes mit der Landesfläche verglichen werden; dies zeigt, ob der Konsum einer Bevölkerung mehr oder weniger Fläche benötigt als in einem Land vorhanden ist. Der Fußabdruck kann aber auch mit der weltweit pro Kopf vorhandenen Fläche verglichen werden, was globale Nachhaltigkeitsprobleme zum Ausdruck bringt. Der Fußabdruck kann für verschiedene Länder berechnet und dann verglichen werden (vgl. WACKERNAGEL & REES, 1997a), was auf globale Verteilungsprobleme hinsichtlich der Nutzung der Umwelt hinweist.

Ein großer Vorteil des Ecological Footprint-Konzepts ist, daß es eine didaktisch sehr wertvolle Möglichkeit bietet, grobe Aussagen über die Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung in einem Land, bezogen auf den limitierenden Faktor Fläche, zu machen. Diese Aussagen sind mit vernünftigem Aufwand auf Basis bestehender Daten generierbar. Es muß einem allerdings bewußt sein, daß das Footprint-Konzept eine normative Komponente – in Form der Forderung nach einer konstanten CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre – enthält.

Folgende Hauptkategorien der Flächeninanspruchnahme werden berücksichtigt:

- (1) Land für Fossilenergie,
- (2) "verbrauchtes" Land (überbautes Land, Siedlungsfläche, degradiertes Land etc.),
- (3) "Heute beanspruchtes Land" (Ackerfläche, Weiden, forstwirtschaftlich genutzte Wälder),
- (4) Begrenzt nutzbares Land (unproduktives Land, aus Naturschutzgründen nicht nutzbares Land) und
- (5) Meeresflächen.

Tabelle 2 faßt den derzeitigen Fußabdruck eines durchschnittlichen Österreicherers zusammen. Der österreichische Fußabdruck von 5,63 Hektar pro Einwohner steht einer lokal verfügbaren Kapazität von 4,84 Hektar gegenüber. Global sind demgemäß 2 Hektar je Einwohner verfügbar. Je nachdem, ob die Nachhaltigkeit Österreichs an der lokal oder der global verfügbaren Umweltkapazität gemessen wird, ist der Abstand zu einem als "nachhaltig" betrachteten Verbrauchsniveau 0,8 oder 3,6 Hektar pro Einwohner.\*

---

\* Bei der Berechnung des Fußabdrucks nach der Methode von Wackernagel wird auf Basis des Verbrauchs verschiedener biologischer Produkte (Holz, Nahrungsmittel etc.) sowie von Fossilenergie der Fußabdruck auf Basis der globalen Durchschnittsproduktivität ermittelt. Bei der Bewertung der lokal verfügbaren Kapazität wird berücksichtigt, um wieviel produktiver oder unproduktiver das Ackerland in einem Land im Vergleich zur globalen Produktivität ist. Da besonders die Produktivität des Ackerlandes in Österreich teilweise ein Vielfaches jener des Welt-durchschnittes beträgt, ergibt sich eine lokal verfügbare Kapazität in Österreich von 4,84 Hektar je Einwohner, obwohl die Bevölkerungsdichte Österreichs etwa 96 EW/km<sup>2</sup> beträgt, was 1,04 Hektar je Einwohner entspricht.

Tab. 2: Der ökologische Fußabdruck eines durchschnittlichen Österreicherers verglichen mit der lokal und global verfügbaren Kapazität [Hektar je Einwohner].

	Fußabdruck	Lokale Kapazität	Globale Kapazität
Fossilenergie	1,36	–	–
Ackerfläche	0,23	0,35	0,25
Weiden	2,11	2,31	0,58
Wald	1,47	1,56	0,59
Überbautes Land	0,07	0,07	0,03
Fußabdruck zu Land	5,24	4,29	1,45
Fußabdruck im Meer	0,39	0,55	0,55
<b>Gesamtfußabdruck</b>	<b>5,63</b>	<b>4,84</b>	<b>2,00</b>

Quelle: WACKERNAGEL & REES, 1997a, S. 115

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im vorliegenden Beitrag wird vorgeschlagen, zur Generierung von "Headline-Indikatoren" für die von einer Gesellschaft ausgehenden Belastungen bzw. Eingriffe in natürliche Systeme zwei Dimensionen zu beobachten:

**(1) Den gesellschaftlichen Stoffwechsel.** Dieser kann in Form des Material- und Energiedurchsatzes einer Gesellschaft abgebildet werden. Daraus ergeben sich – neben zahlreichen detaillierteren Informationen in umfassenden Berichterstattungssystemen – folgende aggregierte Indikatoren, die beide auch den Energiebereich betreffen:

- Der *gesamte Materialdurchsatz* eines sozio-ökonomischen Systems, z. B. eines Nationalstaates und zwar als Gesamttaggregat [ $\text{Mt} \cdot \text{a}^{-1}$ ], bezogen auf die Einwohnerzahl [ $\text{t} \cdot \text{EW}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ ] und bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt [ $\text{t} \cdot \text{ATS}^{-1}$ ]. Der Durchsatz an "Energieträgern" (Fossilenergie und rezente Biomasse) in Masseinheiten macht einen beträchtlichen Teil des gesamten Materialdurchsatzes einer Gesellschaft aus.
- Der *gesamte Energiedurchsatz* eines sozio-ökonomischen Systems. Neben den üblichen Indikatoren für den "technischen" Energieverbrauch (Gesamt- oder Primärenergieeinsatz, Endenergieeinsatz, Nutzenergieeinsatz) erscheint es hier sinnvoll, auch den gesamten Energiefluß inklusive Biomassennutzung zu ermitteln. Alle diese Indikatoren können als Gesamttaggregat [ $\text{PJ} \cdot \text{a}^{-1}$ ], pro Einwohner [ $\text{GJ} \cdot \text{EW} \cdot \text{a}^{-1}$ ] und pro BIP [ $\text{kJ} \cdot \text{ATS}^{-1}$ ] angegeben werden.

**(2) Die Kolonisierung von Natur.** Bezogen auf den Energiebereich ist hier vor allem die Flächennutzung von Bedeutung. Diese kann mit zwei verschiedenen Indikatoransätzen abgebildet werden, die jeweils unterschiedliche Aussagen erlauben:

- Die *NPP-Aneignung* ermöglicht räumlich verortbare Aussagen darüber, wie stark eine Gesellschaft in den Energiefluß und den Kohlenstoffhaushalt der auf ihrem Territorium befindlichen Landökosysteme eingreift. Der Indikator gibt die Landnutzung innerhalb des jeweils betrachteten räumlichen Territoriums wieder, d. h. er korreliert mit der inländischen Entnahme an Biomasse, wird jedoch auch durch andere Landnutzungen (z. B. verbautes Land) und Eingriffe (z. B. landwirtschaftliche Produktivitätssteigerung) beeinflusst.
- Der *ökologische Fußabdruck* versucht zu ermitteln, wie viel Land durch die in einem Jahr in einem bestimmten Land verbrauchten Güter und Dienstleistungen genutzt wird. Der Fußabdruck bezieht sich damit nicht auf das Territorium einer Gesellschaft, sondern reflektiert die gesamte Flächennutzung unabhängig von ihrem Ort (In- und Ausland). Die Summe der

Landnutzung kann der vorhandenen Landfläche gegenübergestellt werden, wodurch ein Maß für "Nachhaltigkeit" der bestehenden Verbrauchsmuster gefunden werden kann. Dieses beinhaltet allerdings wertende Vorannahmen (z. B. CO<sub>2</sub>-Neutralität als Nachhaltigkeitskriterium). Die diskutierten Ansätze für Indikatoren bauen auf die derzeitige internationale Diskussion zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren auf und fallen in den Bereich der "Pressure-Indikatoren". Diese könnten, zusammen mit Indikatoren, die imstande sind, "ökologische Effizienzen" zu messen (z. B. Energieeffizienzindikatoren) sowie weiteren Indikatoren über andere Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung einen wichtigen Teil von umfassenderen Systemen von Nachhaltigkeitsindikatoren bilden.

## 6 LITERATUR

- ADRIAANSE, A.; S. BRINGEZU; A. HAMMOND; Y. MORIGUCHI; E. RODENBURG; D. ROGICH & H. SCHÜTZ (1997): *Resource Flows, The Material Basis of Industrial Economies*. World Resources Institute, Washington DC.
- AUBRECHT, P. (1996): Das europäische Landnutzungsprojekt Corine Landcover und erste Ergebnisse für Österreich, *Angewandte Informationsverarbeitung VIII*. Salzburger Geographische Materialien 24, Salzburg.
- AYRES, R. U. & L. W. AYRES (1998): *Accounting for Resources, 1, Economy-Wide Applications of Mass-Balance Principles to Materials and Waste*. Edward Elgar, Northampton, Cheltenham.
- AYRES, R. U. & A. KNEESE (1969): Production, consumption and externalities. *American Economic Review* Vol. 59(3): 282-297.
- AYRES, R. U. & U. E. SIMONIS (1994): *Industrial Metabolism, Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.
- BRINGEZU, S.; R. BEHRENSMEIER & H. SCHÜTZ (1998): Material flow accounts indicating the environmental pressure of economic sectors. In: *Environmental Accounting in Theory and Practice*. K. Uno and P. Bartelmus (Hrsg.), Kluwer, Dordrecht, 213-228.
- BRINGEZU, S.; M. FISCHER-KOWALSKI; R. KLEIJN & V. PALM (1997): *Regional and National Material Flow Accounting, From Paradigm to Practice of Sustainability*. Wuppertal Special No. 4, Wuppertal.
- ERB, K. H. (1999): *Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft*. Diplomarbeit an der Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie, Wien.
- ERKMANN, S. (1997): Industrial ecology, an historical view. *Journal of Cleaner Production* Vol. 5(1-2): 1-10.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1997): Society's Metabolism, on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. In: *The International Handbook of Environmental Sociology*. M. Redclift and G. Woodgate (Hrsg.), Edward Elgar, Cheltenham, Northampton, 119-137.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1997): Wie erkennt man Umweltschädlichkeit? In: *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur*. M. Fischer-Kowalski, H. Haberl, W. Hüttler, H. Payer, H. Schandl, V. Winiwarter, H. Zangerl-Weisz (Hrsg.), Gordon and Breach Fakultas, Amsterdam, 13-24.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1998): The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2(1): 61-78.
- FISCHER-KOWALSKI, M. & H. HABERL (1993): Metabolism and Colonization, Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. *Innovation in Social Sciences Research* Vol. 6(4): 415-442.
- FISCHER-KOWALSKI, M.; H. HABERL; W. HÜTTLER; H. PAYER; H. SCHANDL; V. WINIWARTER; H. ZANGERL-WEISZ (1997): *Stoffwechsel der Gesellschaft und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie*. Gordon+Breach Fakultas, Amsterdam.

- HABERL, H. (1997): Der Energie-Stoffwechsel. In: Stoffwechsel der Gesellschaft und Kolonisierung von Natur, Ein Versuch in Sozialer Ökologie. M. Fischer-Kowalski, H. Haberl, W. Hüttler, H. Payer, H. Schandl, V. Winiwarter, H. Zangerl-Weisz (Hrsg.), Gordon & Breach Fakultas, Amsterdam, 81-94.
- HABERL, H. (1997): Human Appropriation of Net Primary Production as An Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development. *Ambio* Vol. 26(3): 143-146.
- HABERL, H.; E. KOTZMANN & H. WEISZ (1998): Technologische Zivilisation und Kolonisierung von Natur. Springer, Wien, New York.
- HABERL, H.; H. SCHANDL; W. BITTERMANN; W. HÜTTLER; H. WEISZ; M. FISCHER-KOWALSKI; S. GEISLER; S. SCHIDLER; H. PAYER; K. H. ERB; F. KRAUSMANN; N. SCHULZ; V. WINIWARTER & C. AMANN (1999): Colonizing Landscapes: Indicators for Sustainable Development. Forschungsschwerpunkt Kulturlandschaft, Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr (in Vorbereitung), Wien.
- HAMMOND, A.; A. ADRIAANSE; E. RODENBURG; D. BRYANT & R. WOODWARD (1995): Environmental indicators, A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, Washington DC.
- HOUGHTON, R. A. (1995): Land-use change and the carbon cycle. *Global Change Biology* Vol. 1: 275-287.
- HÜTTLER, W.; H. PAYER & H. SCHANDL (1997): National Material Flow Analysis for Austria 1992. IFF-Social Ecology, Vienna.
- JÄNICKE, M. (1995): Tragfähige Entwicklung, Anforderungen an die Umweltberichterstattung aus der Sicht der Politikanalyse. In: Neue Ansätze der Umweltstatistik, Ein Wuppertaler Werkstattgespräch. S. Bringezu (Hrsg.), Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston, 9-25.
- KROTSCHKE, C. & M. NARODOSLAWSKY (1996): The Sustainable Process Index, A new dimension in ecological evaluation. *Ecological Engineering* Vol. 6: 241-258.
- KVAPIL, B. (1998): Energieaufkommen und -verwendung in der österreichischen Volkswirtschaft 1995, Sektorale Energiebilanz 1995. *Statistische Nachrichten* Vol. 53(2): 139-151.
- LIEBEL, G. & P. AUBRECHT (1996): Das CORINE Landcover-Projekt der EU. *Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation* Vol. 84(1): 43-44.
- LOIBL, W. (1998): Kleinräumige Modellierung von Klimafaktoren unter Verwendung von Response-Funktionen und Neuronalen Netzen. Austrian Research Centre, Seibersdorf.
- LOIBL, W. & R. ORTHOFER (1996): Methodenentwicklung zur Erfassung von kleinräumigen Auswirkungen von Klimaänderungen in den Alpen. Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Physik, Wien.
- MEYER, W. B. (1996): *Human Impact on the Earth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MEYER, W. B. & B. L. TURNER (1992): Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change. *Annual Review of Ecology and Systematics* Vol. 23: 39-61.
- MEYER, W. B. & B. L. TURNER (1994): *Changes in Land Use and Land Cover, A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge.
- NUP (1995): Nationaler Umweltplan. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- ODUM, E. P. (1983): *Grundlagen der Ökologie*, Band 1: Grundlagen. Thieme Verlag, Stuttgart.
- OECD (1994): *Environmental Indicators, Core Set – Indicateurs d'Environment*, Corps Central de l'OCDE. OECD, Paris.
- PAYER, H.; W. HÜTTLER & H. SCHANDL (1998): MFA 1996 – Implementierung der nationalen Materialflußrechnung in die amtliche Umweltberichterstattung. Studie des Interuniversitären Instituts für Forschung und Fortbildung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- SCHANDL, H. (1998): *Materialfluß Österreich, Die materielle Basis der österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960 bis 1995*. 50, Schriftenreihe Soziale Ökologie, Nr. 50, Wien.

- SCHMIDT-BLEEK, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPs, Das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- SRU (1998): *Umweltgutachten 1998*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- STAHMER, C.; M. KUHN; N. BRAUN (1997): *Physische Input-Output-Tabellen (PIOT) 1990*. Beiträge zu den UGR No. 1/1997, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STEINNOCHER, K. (1996): *Integration of Spectral and Spatial Classification Methods for Building a Land-Use Model of Austria*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. 31B4 (Comm.IV): 841-846.
- TURNER, B. L.; W. B. MEYER & D. L. SKOLE (1994): *Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study*. *Ambio* Vol. 23(1): 91-95.
- TURNER, B. L.; R. H. MOSS & D. L. SKOLE (1993): *Relating Land Use and Global Land-Cover Change: A Proposal for an IGBP-HDP Core Project*. IGBP Report No. 24, HDP Report No. 5, Stockholm.
- TURNER, B. L.; D. L. SKOLE; S. SANDERSON; G. FISCHER; L. O. FRESCO & R. LEEMANS (1995): *Land-Use and Land-Cover Change, Science/Research Plan*. IGBP Report No. 35, HDP Report No. 7, Stockholm.
- VITOUSEK, P. M.; P. R. EHRLICH; A. H. EHRLICH; P. A. MATSON (1986): *Human Appropriation of the Products of Photosynthesis*. *BioScience* Vol. 36(6): 368-373.
- WACKERNAGEL, M. (1998): *The Ecological Footprint of Santiago de Chile*. *Local Environment* Vol. 3(1): 7-25.
- WACKERNAGEL, M.; L. LEWAN & C. BORGSTRÖM-HANSSON (1998): *Evaluating the Sustainability of a Catchment Area, The Ecological Footprint Concept Applied to Malmöhus County and the Kävlinge Watershed, Southern Sweden*. Unpublished Manuscript (submitted to *Ambio*, 2 June 1998), Universidad Anahuac de Xalapa, Lund University.
- WACKERNAGEL, M. & W. REES (1996): *Our ecological footprint, Reducing human impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, Philadelphia.
- WACKERNAGEL, M. & W. REES (1997): *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital, Economics from an ecological footprint perspective*. *Ecological Economics* Vol. 20(1): 3-24.
- WACKERNAGEL, M. & W. REES (1997): *Unser ökologischer Fußabdruck, Wie der Mensch Einfluß auf die Umwelt nimmt*. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin.
- WEISZ, H.; F. KRAUSMANN; K. H. ERB; N. SCHULZ & H. HABERL (1999): *Gesellschaftliche Beeinflussung ökosystemarer Energieflüsse und Energiebestände (NPP-Aneignung)*. In: *Colonizing Landscapes, Indicators for Sustainable Land Use*. H. Haberl, H. Schandl, M. Fischer-Kowalski, W. Bittermann, W. Hüttler, H. Weisz, V. Winiwarter (Hrsg.), *Endbericht zum Modul IN4 "Prozeßorientierte top-down Planungsindikatoren" der Kulturlandschaftsforschung, IFF-Soziale Ökologie* (in Vorbereitung), Wien.
- WOLF, M. E.; B. PETROVIC & H. PAYER (1998): *Materialflußrechnung Österreich 1996*. *Statistische Nachrichten* Vol. 53(11): 939-948.
- WRIGHT, D. H. (1987): *Estimating human effects to global extinction*. *Int.J.Biometeor.* Vol. 31(4): 293.
- WRIGHT, D. H. (1990): *Human Impacts on the Energy Flow Through Natural Ecosystems, and Implications for Species Endangerment*. *Ambio* Vol. 19(4): 189-194.

## **ARBEITSKREIS ENERGIE**

### **Diskussionsverlauf und Ergebnismatrix**

**Moderator:** *Josef Zöchling;*  
*TU Wien, Institut für Energiewirtschaft*

**Teilnehmer:**

*Robert Alder (ÖSTAT, Abteilung 8);*  
*Peter Bosch (European Environment Agency);*  
*Petra Ebert (Amt der Wiener Landesregierung, Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz);*  
*Helmut Haberl (Institut für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Abt. Soziale Ökologie);*  
*Andreas Indinger (Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Abt. V/A/8);*  
*Wolfgang Jank (Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Abt. II/1);*  
*Gerfried Jungmeier (Joanneum Research, Institut für Energieforschung);*  
*Helga Kromp-Kolb (Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Physik);*  
*Franz Meister (Umweltbundesamt, Abt. Allgemeine Ökologie);*  
*Michael Narodoslawsky (Technische Universität Graz; Institut für Verfahrenstechnik);*  
*Andreas Windsperger (Institut für Industrielle Ökologie);*  
*Josef Zöchling (TU Wien, Institut für Energiewirtschaft).*

Für die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Nachhaltigkeit und der Energienachfrage bzw. deren Deckung bieten sich mehrere Konzepte an.

Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß die derzeit zur Verfügung stehenden Angaben zum Energieverbrauch keine unmittelbare Aussage über den Zielerreichungsbeitrag im Hinblick auf die Nachhaltigkeit zulassen. Dies erklärt sich daraus, daß die heutige Energiestatistik in einer Zeit begründet wurde, in der andere Anforderungen an die Erhebung und Darstellung von Energiegrößen gestellt wurden. Die Verbindung zwischen "klassischer" Energiestatistik und dem Umweltbereich ist relativ jung. In bezug auf das Ziel der Nachhaltigkeit, das für den Energiebereich bisher noch nicht eindeutig definiert wurde, müssen die Daten der bestehenden Energiestatistik angepaßt bzw. erweitert werden.

Der Arbeitskreis hat sich daher sowohl mit dem aus der klassischen Energiestatistik ableitbaren Indikatorenset auseinandergesetzt (Bsp.: Primärenergie, Endenergie, Nutzenergie jeweils pro Einwohner, BIP, Sektor, etc.), als auch neuere Konzepte diskutiert, die zusätzliche Aussagen in bezug auf Nachhaltigkeit erlauben.

## **1 GESAMTENERGIEBILANZ**

Es ist hier grundsätzlich zwischen unterschiedlichen Betrachtungsräumen zu unterscheiden. Die klassische Energiestatistik bildet lediglich jene Energieströme ab, die unmittelbar mit dem wirtschaftlichen Handeln einer Volkswirtschaft verbunden sind. Eine umfassendere Betrachtung, die Gesamtenergiebilanz, ergibt sich unter Einbeziehung jener Biomasse- und daher Energiemengen, die z. B. über die Nahrungsketten konsumiert werden.

Hierdurch erhöht sich gegenüber der klassischen Energiestatistik der Biomasseanteil. Biomasse wird der gängigen Auffassung nach eine ausgeglichene CO<sub>2</sub>-Bilanz zugeordnet. Dies ist allerdings nur dann der Fall, wenn gegebene Landnutzungsmuster vorausgesetzt werden. Bei einer Umwandlung von Wald in Gras- oder Ackerländer kommt es zu einer Netto-CO<sub>2</sub>-Emission; umgekehrt kommt es bei einer Aufforstung von Gras- und Ackerländern (und bei einer Erhöhung des Durchschnittsalters von Wäldern) zu einer Netto-CO<sub>2</sub>-Aufnahme der Ve-

getation aus der Atmosphäre. Die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Biomasseverbrennung gilt daher nur unter bestimmten Voraussetzungen, was darauf verweist, daß Biomasse unter Nachhaltigkeitskriterien nur in begrenzter Menge verfügbar ist. Zudem ist der energetische Aufwand mitzubetrachten, welcher mittel- und unmittelbar, zumeist mit fossilen Energieträgern für die Biomasseproduktion aufgewendet wird.

## 2 NETTOPRIMÄRPRODUKTION

Ein wichtiger Parameter zur Beschreibung des ökosystemaren Energieflusses ist die Nettoprimärproduktion (NPP) (siehe Beitrag Haberl). Dabei handelt es sich um den Zuwachs an Biomasse der grünen Pflanzen an einem bestimmten Ort bzw. auf einer bestimmten Fläche in einer definierten Zeiteinheit (häufig ein Jahr). Die NPP kann als Biomasse- oder Kohlenstofffluß in Masseneinheiten (kg Trockensubstanz ... kgDM, kg Kohlenstoff ... kgC) oder als Energiemenge (Joule ... J) angegeben werden.

Menschliche Gesellschaften greifen auf zweierlei Weise in die Nettoprimärproduktion bzw. ihre Verfügbarkeit in Ökosystemen ein:

Durch Landnutzung wird die NPP der betroffenen Flächen verändert. So verhindert die Errichtung einer Straße oder eines Gebäudes jegliches Pflanzenwachstum auf der versiegelten Fläche. Landwirtschaft kann die NPP deutlich senken, aber auch (vor allem in trockenen Gebieten durch Bewässerung) steigern.

Durch Ernte wird die Biomasse aus dem System entfernt und steht in weiterer Folge nicht für natürliche Prozesse in Ökosystemen (Nahrungsketten) zur Verfügung.

Der Indikator "NPP-Aneignung" ist als Differenz zwischen der NPP der potentiellen Vegetation und dem Teil der aktuellen NPP, der nach der Ernte im Ökosystem verbleibt, definiert. Er zeigt somit das Ausmaß der gesellschaftlichen Veränderung der Energieverfügbarkeit in Ökosystemen an: Je höher die NPP-Aneignung, desto weniger Energie bleibt in den Ökosystemen für nicht gesellschaftlich kontrollierte heterotrophe Prozesse (z. B. Nahrungsketten, Nährstoffrecycling etc.) übrig.

## 3 ÖKOLOGISCHER FUSSABDRUCK

Die Grundidee des angestrebten Indikators für den Bereich Energie beruht auf der Überlegung, daß die verfügbare, ökologisch produktive Fläche ein entscheidender limitierender Faktor für eine nachhaltige Entwicklung darstellt. Die auf einer Fläche eintreffende solare Exergie kann als primäres energetisches Einkommen der Erde betrachtet werden, an das fast jeder Lebensprozeß gekoppelt ist. Die Exergie wird durch das Auftreffen auf einem bestimmten Abschnitt der Erdoberfläche wirksam; daher ist die Inanspruchnahme von Fläche eine wesentliche Basisdimension einer nachhaltigen Entwicklung. Die Fläche ist zudem nicht vermehrbar, so daß hier, im Unterschied zu vielen anderen Nachhaltigkeitsindikatoren, eine klare Grenze der Verfügbarkeit gezogen werden kann.

Der zu erarbeitende Indikator schätzt ab, wieviel Land- und Wasserfläche nötig ist, um für die Bevölkerung eines Landes kontinuierlich die Güter herzustellen, die sie verbraucht, und den Abfall abzubauen, der beim Verbrauch anfällt. Um internationale Vergleiche zu erleichtern, wird der Fußabdruck in der Regel als pro-Kopf-Wert (Hektar je Einwohner) angegeben. Diese Größe kann in Beziehung zur Verfügbarkeit an Fläche gesetzt werden, wobei hier verschiedene "Ge-

rechtigkeitskriterien" angewendet werden können. So kann etwa der Fußabdruck eines Landes mit der Landesfläche verglichen werden; dies zeigt, ob der Konsum einer Bevölkerung mehr oder weniger Fläche benötigt, als in einem Land vorhanden ist. Der Fußabdruck kann aber auch mit der weltweit pro Kopf vorhandenen Fläche verglichen werden, was globale Nachhaltigkeitsprobleme zum Ausdruck bringt. Der Fußabdruck kann für verschiedene Länder berechnet und dann verglichen werden, was auf globale Verteilungsprobleme hinsichtlich der Nutzung der Umwelt hinweist.

## 4 STRINT-ANSATZ

Der sogenannte STRINT (*Structure and Intensity*)-Ansatz, der am LBL entwickelt wurde, erlaubt es, mit Intensität als (Kehrwert-)Indikator für Effizienz die technische Effizienzsteigerung miteinzubeziehen. Bei diesem Ansatz werden die Einflüsse der Struktur (= langfristiger Service-Bedarf, wie m<sup>2</sup> beheizt, Anzahl der Geräte usw.) und der Energieintensität (= Energieverbrauch/Serviceeinheit) getrennt herausgefiltert. Beim *Structure*-Index wird dabei die Intensität konstant gehalten und gezeigt wie sich der Energieverbrauch entwickelt hätte, wenn nur die Nachfrage nach Service angestiegen wäre, die Intensität aber konstant geblieben wäre. Beim *Intensity*-Index hingegen, wird der Servicebedarf konstant auf dem Ausgangsniveau gehalten und über den tatsächlichen Energieverbrauch ermittelt, wie sich die Intensität entwickelt hat.

Der STRINT-Ansatz führt zwar nicht unmittelbar zu einem Indikator für Nachhaltigkeit, unterstützt jedoch die Analyse der Energienachfrage. Er unterstützt daher die Schaffung eines besseren Verständnisses über die "driving forces" der Energienachfrage.

Tab.1: Ergebnismatrix Arbeitskreis Energie.

	Fragestellung	Indikator	Einheit	räumlicher Bezug	Erhebungshäufigkeit	Überschneidung	Handlungsbedarf
<b>ökologische Faktoren</b>	Flächennutzung	Netto-Primär-Produktion – Aneignung	J/a	Bundesgebiet, Bundesland, Gemeinde	10 Jahre	Land- u. Forstwirtschaft	Erhebung nicht sichergestellt
	Flächennutzung durch Konsum	ökologischer Fußabdruck	ha/cap	Bundesgebiet, Bundesland, Gemeinde	?	Land- u. Forstwirtschaft	Methode adaptieren um Zurechnung zu ermöglichen
<b>Makrofaktoren</b>	Primärenergie gesamt		J/a, J/cap, J/BIP, Jfossil/a etc.	Bundesgebiet	jährlich	Land- u. Forstwirtschaft	Daten sind verfügbar
	Primärenergie technisch		J/a, J/cap, J/BIP, Jfossil/a etc.	Bundesgebiet, Bundesländer	jährlich	Land- u. Forstwirtschaft	Daten sind verfügbar
	Endenergie technisch		J/a, J/cap, J/BIP, Jfossil/a etc.	Bundesgebiet, Bundesländer	jährlich	Land- u. Forstwirtschaft	Daten sind verfügbar
	Nutzenergie		J/a, J/cap, J/BIP, Jfossil/a etc.	Bundesgebiet	jährlich	Land- u. Forstwirtschaft	Daten beschränkt verfügbar
<b>Sektorale Faktoren</b>	Industrie, Haushalte, Verkehr, etc.		z. B.: J/t, J/cap, Jfossil/t, ...	Bundesgebiet	jährlich	Land- u. Forstwirtschaft	Daten sind verfügbar
			STRINT-Approach				

## 2. PLENARDISKUSSION, 17. NOVEMBER 1998

**Kienzl:** Wir haben gesehen, daß die einzelnen Arbeitskreise eine äußerst unterschiedliche Ausgangsposition hatten: Während das Wasser sich auf sehr klare nationale Gesetze berufen kann und es auch im europäischen Bereich mit der Wasser-Rahmenrichtlinie eine klare Entwicklung gibt und der Waldbereich mit dem Helsinki-Prozeß schon Kriterien und Indikatoren hat, die auf nationaler Ebene akkordiert sind, hat sich die Natur und Landschaftsgruppe sehr schwer getan, da dort bisher noch wenig entwickelt wurde. Aber die gesetzlichen Grundlagen gibt es, z. B. durch die Biodiversitätskonvention, die es zu umzusetzen gilt und die eine weitere Beschäftigung mit dem Bereich mit sich bringen wird. Der Energiesektor hat traditionell eine andere Herangehensweise und v. a. die Diskussion rund um erneuerbare Energien aufgegriffen und die Landwirtschaft hat sich sehr auf die OECD stützen können sowie auf die vorhandene, langjährige Diskussion zu den Umweltauswirkungen der Landwirtschaft.

In den fünf Arbeitskreisen sind viele Indikatoren aufgelistet worden, 359 oder 724? Ich weiß es nicht genau, deshalb möchte ich Prof. Narodowski zitieren und damit an den Anfang unserer Überlegungen zurückgehen: „Wer sektoral mißt, wird sektorale Entscheidungen treffen und sich nicht in Richtung nachhaltiger Entwicklung bewegen“. Es ist ganz klar, daß sich die einzelnen Arbeitskreise mit ihrem Sektor beschäftigen mußten und weiter beschäftigen werden müssen. Was wir aber noch machen müssen, ist die Verschneidung der einzelnen Bereiche.

Die Idee war ja, daß Indikatoren Zusammenhänge erklären sollen. Ich sehe noch großen Handlungsbedarf, wenn es darum geht, die Indikatoren der Arbeitskreise zusammenzufassen und zueinander auszuwerten.

Mögliche Instrumente der Verschneidung wurden in einzelnen Arbeitskreisen angesprochen: Ökobilanzen, Lebenszyklusanalysen, u.s.w.. Für das Darstellen von Zusammenhängen müssen aber klare Systemgrenzen gezogen werden.

Die Frage, die sich weiters stellt, ist, wie kommen wir nun von der großen Anzahl an Indikatoren, die in den einzelnen Arbeitskreisen erarbeitet wurden, zu einer Verschneidung und zu diesen „headline-Indikatoren“, wie sie Peter Bosch gestern genannt hat? Wie SC Schreiber und Dr. Schober gestern gesagt haben, brauchen wir für die Politik praktikable Indikatoren, die politisch etwas umsetzen können.

Ich möchte daher die Diskussion damit beginnen, daß ich zunächst die Teilnehmer am Podium bitte, für ihren Arbeitskreis kurz auf folgende Fragen einzugehen:

- Welchen Handlungsbedarf für den jeweiligen Arbeitskreis können Sie zusammenfassend darstellen?
- Welche Überschneidungen mit anderen Gebieten wurde im Arbeitskreis erkannt und wie können Sie sich eine Vernetzung vorstellen?
- Was soll die Verwaltung, die Politik von diesem Workshop mitnehmen?

**Unterschiedliche Ausgangslage und Ergebnisse der Arbeitskreise**

**Sektorale Indikatoren – sektorale Entscheidungen**

**Notwendige Verschneidung der Bereiche**

**Wie kommt man nun zu „headline“-Indikatoren?**

**Drei Fragen an die Podiumsteilnehmer**

**Antwort für den  
Arbeitskreis  
Wasser**

**Schimon (Arbeitskreis Wasser):** Aus Sicht des Wassers sind wir in Umsetzung der gemeinschaftsrechtlichen Vorgaben gefordert, einen umfassenden Datenfluß in Bewegung zu setzen, vorhandene Datenflüsse zu ergänzen, zu modifizieren und vor allem im Emissionsbereich große Lücken zu füllen. Es wird wichtig sein, daß alle Stellen – Behörden und Wirtschaft – kooperieren, um einen Datensatz zur Erfüllung der gemeinschaftsrechtlichen Verpflichtungen, aber auch zur Verfolgung der nachhaltigen Wasserbewirtschaftung auf die Füße zu stellen und möglichst wenig Papier zu erzeugen. Hierzu müssen noch verschiedene Vorgangsweisen gefunden werden, um zu vernünftigen Daten zu kommen.

Ein wichtiger Verschneidungsbereich hat sich im Bereich Gewässerschutz und Landwirtschaft ergeben. Ich habe auch im Arbeitskreis Landwirtschaft sehr gute Ansätze gesehen, die Einflußfaktoren auf die Wasserqualität mit Indikatoren zu erfassen, und in diesem Schnittbereich sollte weitergearbeitet werden.

Mein Wunsch geht v. a. an die Politik und an die Umsetzung in den Medien: Mir erscheinen Indikatoren dann sehr wertvoll, wenn sie gestatten, Klarheit in Sachverhalte zu bringen. Ich sehe allerdings dann eine Gefahr bei Indikatoren, wenn sie dazu führen, daß in der Berichterstattung, aber auch in der politischen Diskussion, Dinge allzu linear gesehen werden.

**Antwort für den  
Arbeitskreis  
Natur und  
Landschaft,  
Biodiversität**

**Zechmeister (Arbeitskreis Natur und Landschaft, Biodiversität):** Ein primärer Handlungsbedarf besteht vor allem im Monitoring, also bei der Umsetzung der Indikatoren in einem regelmäßigem Überwachungssystem bei gleichzeitiger Evaluierung der Monitoringsysteme, weil z. B. eine Rote Liste, die nur alle 10-15 Jahre evaluiert wird, nur schwer als konkreter Indikator herangezogen werden kann. In diese Richtung ist sicher ein großer Handlungsbedarf gegeben.

Weiters wäre ein „Ranking“ der Indikatoren wichtig – welche Indizes kann man eher für bestimmte Fragestellungen verwenden, welche weniger – dafür ist im Arbeitskreis keine Zeit mehr geblieben.

Zur Vernetzung: Gerade für den Bereich Biodiversität kann man die Land- und Forstwirtschaft als driving forces bezeichnen; auf der anderen Seite sind diese Wirtschaftsformen auch für die Erhaltung der Biodiversität notwendig.

Von der Verwaltung erwarte ich mir persönlich – ich kann hier nicht für die Gruppe sprechen – die Finanzierung von Untersuchungsprojekten – Monitoring-, Evaluierungs-, Forschungsprojekte – sowie die Anerkennung durch den Gesetzgeber von durch Biomonitoring bzw. Bioindikation erzielten Ergebnissen, gerade im Bereich der Ökotoxikologie.

**Antwort für den  
Arbeitskreis  
Energie**

**Zöchling (Arbeitskreis Energie):** Ich beginne mit den Erwartungen an die Verwaltung: Daten sind grundsätzlich in rauen Mengen verfügbar (ÖSTAT), trotzdem ist Österreich kein Musterland bezüglich Indikatoren, es gibt sicher Länder, wo Indikatoren viel mehr verbreitet sind und wo auch Politik damit gemacht wird. Das bringt mich zum zweiten Punkt:

Wir müssen aufpassen, daß wir mit Indikatoren nicht in eine Falle laufen, wie z. B. in den USA, wo durch Indikatoren Falschheiten verbreitet wer-

den: Die Amerikaner behaupten von sich, sie seien im Transportsektor die effizienteste Nation und verwenden dafür als Indikator: „Liter je km, gebrochen durch die Masse des Fahrzeuges in Tonnen“. Dadurch, daß die Amerikaner so schwere Schlitten fahren, sind sie sehr effizient – bzw. glauben sie das!

Das heißt, es müssen Indikatoren gefunden werden, die wirklich für die Umwelt „gut“ sind.

Zur Vernetzung: Ich sehe diese v. a. über die Emissionen. Dieser Bereich wurde aber im Arbeitskreis Energie bewußt ausgeklammert, da dies den Rahmen gesprengt hätte und diese Vernetzung passiert schon, laut Franz Meister, im Umweltbundesamt.

**Dachler (Arbeitskreis Landwirtschaft):** Handlungsbedarf sehe ich einerseits in einer Teilung der Datengrundlage in

- Statistische Daten, die nicht in allen Fällen ausreichend vorhanden sind. Es ist auch oft die Frage: Wer kann diese Daten so verrechnen, daß man etwas damit anfangen kann? Das ÖSTAT verlangt nun auch etwas dafür und Bundesdienststellen können dies nicht in jedem Fall aufbringen.
- Meßdaten, die z. T. noch punktuell erfaßt werden müßten und dann hochgerechnet werden könnten. Wie wir im Arbeitskreis Landwirtschaft gesehen haben, fehlen z. T. auch noch die Methoden oder hat man sich noch nicht auf bestimmte Methoden geeinigt, so daß man nicht zu vergleichbaren Daten kommen kann. Gerade beim Boden sind oft auch national die Daten nicht vergleichbar, geschweige denn international.

Eine Verschneidung sehe ich mit den Bereichen Wasser, Biodiversität und Luft. Es bleibt der Landwirtschaft mehr oder weniger nur der Boden, aber der ist um so wichtiger für sie.

Was die Politik mitnehmen kann, ist, daß es gerade auf dem Sektor Landwirtschaft ein großes Paket an Indikatoren gibt. Die Politik sollte jetzt vorgeben, wo sie die Priorität hinsetzt, was sie ausgearbeitet haben möchte und sollte auch gleich dazu sagen, wer und mit welchem Geld er das machen soll.

**Glück (Arbeitskreis Wald):** Zunächst zum Handlungsbedarf für unseren Arbeitskreis: Es ist Ihnen vielleicht aufgefallen, daß unser Rapporteur DI Hackl von „Soll-Werten“ gesprochen hat. Ich denke an den gestrigen Vormittag und die Wortmeldung von Kollegen Blum zurück. Er sagte, wir sollten uns bewußt sein, welche politischen Konsequenzen diese Sammlung von Indikatoren hat. Wir sollten uns bewußt sein, daß diese Indikatoren dazu gemessen werden sollen, um die Umweltpolitik zu evaluieren. Aus dem Grund ist es kein Wunder, daß es in verschiedenen Arbeitskreisen, wie Biodiversität oder Wald, nicht ganz einfach war, sich auf Indikatoren zu einigen.

Es ist gesagt worden, die Diskussion um Indikatoren ist wertbehaftet. Sie ist wertbehaftet, weil wir uns auf eine Auswahl von Indikatoren einigen sollten. Und es kommt noch ein anderer Aspekt dazu: Die Indikatoren haben keinen Sinn, wenn nicht die Ist-Werte entsprechenden Soll-Werten (wünschenswerten Zuständen) gegenübergestellt werden! Über Soll-Werte

**Antwort für den Arbeitskreis Landwirtschaft**

**Antwort für den Arbeitskreis Wald**

haben wir nicht gesprochen, allenfalls haben wir das mitgedacht, und wenn Indikatoren vorgeschlagen worden sind, für die es keine sinnvollen oder denkbaren Soll-Werte gibt, dann sind wir zu dem Schluß gekommen, daß so ein Indikator nicht brauchbar ist.

Ich glaube, der wichtigste nächste Schritt für alle Arbeitskreise ist der, darüber nachzudenken, welche Soll-Werte nun sinnvoll sind. Es gibt eine Reihe von Soll-Werten, die auf Expertenübereinstimmung beruhen (Emissions- und Immissionsgrenzwerte u.v. a.), es gibt aber noch viel mehr Indikatoren mit entsprechenden Soll-Werten, die erst politisch konsentiert werden müssen.

Aus dem Grund komme ich zu der Vorhersage, daß die Indikatoren, die Sie in den Arbeitskreisen vorgeschlagen haben, noch nicht die endgültigen sein können, die müssen nun einen politischen Aushandlungsprozeß durchlaufen! Diesen politischen Aushandlungsprozeß haben die Indikatoren über nachhaltige Waldbewirtschaftung bereits hinter sich! Wie wir seinerzeit begonnen haben, über diese Indikatoren zu sprechen, hat es hunderte von Indikatoren-Vorschlägen gegeben, und dann sind nur 27, das ist immer noch viel zu viel, herausgekommen. Das sollte uns bewußt sein: Dieser Prozeß, der muß erst kommen und was wir hier gemacht haben, ist ein erster Schritt in diese Richtung.

Zur Vernetzung mit anderen Bereichen: In allen Arbeitskreisen war es deutlich, daß diese Überschneidungen vorhanden sind, es müßten sich jetzt die Experten zusammensetzen und über diese Überschneidungen/Überlappungen reden, und würden dann draufkommen, daß z. B. unsere Indikatoren „Schichtung“ und „Überschirmung“ des Waldes wesentliche Indikatoren für die Faunenvielfalt sind, welche im Arbeitskreis Biodiversität verwendet werden könnten. Ich nehme an, daß hier wechselseitige Erkenntnis und Lernprozesse auftreten würden, die wiederum zur Verringerung des Indikatorensets führen würden.

Weiters wird auch durch die politischen Aushandlungsprozesse eine radikale Reduzierung des Indikatorensets eintreten. Das ist, glaube ich, die große Herausforderung an das Umweltministerium und auch an das Umweltbundesamt, diese politischen Diskussionen über die Sektoren hinweg in Gang zu setzen, um zu einem gemeinsamen Set zu kommen.

Damit komme ich zu den Response-Indikatoren: Es klingt vielleicht ein bißchen kritisch, aber ich beschäftige mich mit der Sozialwissenschaft und der Forstpolitik, im Gegensatz zu den hauptsächlich anwesenden Naturwissenschaftlern und Technikern: Wenn man glaubt, daß man mit Response-Indikatoren die Umweltpolitik messen kann, dann warne ich sehr davor. Dies aus dem einfachen Grund, weil für jeden Indikator, der hier heute angegeben wurde und der bestimmte Umweltzustände mißt, eine ganze Fülle von politischen Instrumenten zum Einsatz kommt oder eingesetzt werden kann. Und es genügt jetzt nicht, irgendwelche Outputs über Förderungsmittel zu haben, weil wir aus wissenschaftlichen Arbeiten wissen, daß diese Förderungen in aller Regel Einkommenstransfers sind und weniger zweckbezogen. Das heißt, großartige Förderungen für einen bestimmten Zweck sagen überhaupt nichts aus, daß damit dieser Zustand verbessert wird.

Ich schlage daher vor, daß das Umweltbundesamt sich dieses Umstands bewußt ist, daß man die Wirkung von politischen Instrumenten nicht nur mit Response-Indikatoren messen kann, sondern daß man politikwissen-

schaftliche Evaluierungen durchführen soll, um den Gesamtzusammenhang festzustellen. Es genügt nicht, zu wissen, daß es hier irgendwelche regulative Instrumente (Gesetze, Verordnungen) gibt, sondern man muß auch schauen, ob diese auch tatsächlich vollzogen worden sind!

Das wäre aus meiner Sicht ein wichtiger Vorschlag an die Verwaltung: Diese Reponse-Indikatoren durch eine viel komplexere Betrachtungsweise der Wirkung von bestimmten politischen Instrumenten zu ersetzen.

**Kienzl:** Vielen Dank für diese Anregungen, ich ersuche Sie um Beiträge, Fragen etc.

**Bosch:** Als Politiker oder Parlamentarier wäre ich enttäuscht von diesem Workshop, aufgrund der ganzen Diskussion über mehr und mehr Indikatoren, mehr Monitoring, Forschungsbedarf etc.. Aber, wie Prof. Glück sagte, dies war der erste Schritt und nun muß der nächste getan werden, im Sinne von: Wo lassen sich die Indikatoren mit politischen Zielen verknüpfen, sagen die Indikatoren wirklich etwas aus, was macht man jetzt mit den Indikatoren, wie wendet man sie an, z. B. die Entwicklung des Netzwerks an Forststraßen: Wenn diese ansteigt, ist es positiv oder negativ? Oder die Messung von Schwermetallen im Grundwasser: Was würde die politische Perspektive sein?

Ich möchte eine Warnung aussprechen: Einige der Redner sagten, daß sei nun eine Frage für andere Personen und meinten das Umweltministerium. Ich glaube das nicht. Diese Personen haben zu viele andere Dinge im Kopf, so daß sie nicht über Indikatoren nachdenken können. Ich denke, es ist eine Angelegenheit von Umweltbundesamt und Umweltministerium zusammen, aber vorrangig eine Angelegenheit vom Umweltbundesamt, ausgehend von politischen Dokumenten und Zielen Vorarbeiten für die Auswahl von Indikatoren zu leisten. Mit dem Ergebnis dieser Arbeiten müßte man wieder an die Politiker herantreten und fragen, ob die politischen Dokumente richtig interpretiert wurden und das Ergebnis dem entspricht, was die Politiker wollten.

Dies sehe ich als einen wichtigen nächsten Schritt nach diesem Workshop: Die Indikatoren mehr mit den wichtigen politischen Fragen Österreichs zu verbinden, daß wäre ein netter follow-up dieses Workshops.

**Reimoser:** Es geht nun, nach der sektoralen Sicht der Dinge, um die Integration, um das Verschneiden der verschiedenen hier behandelten Sektoren. Ich meine, daß man, um eine effiziente und sinnvolle Zusammenziehung zustande zu bringen und Redundanzen wegzubringen, unbedingt auch ein Modell entwickeln muß, in dem zumindest qualitativ die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Indikatoren sichtbar werden. Das ist ein anderer Zugang, den man bei einer integralen Sichtweise der Dinge nicht ganz aussparen kann. Es braucht also parallel zu dem Vernetzungsgedanken auch immer das vor Augen Halten eines Modells, wie die Indikatoren zumindest qualitativ zusammenhängen, also eine andere Ebene, nicht die politische, sondern mehr eine sachliche Ebene.

Um die angeschnittenen Mißbräuche der Interpretation bestimmter Indikatoren möglichst einzuschränken, sollte man Anleitungen zur Interpretation der Indikatoren mitliefern, wo darauf hingewiesen wird, wo Mißbräuche

**Verknüpfung  
der Indikatoren  
mit politischen  
Zielen**

**Verantwortung  
dafür nicht  
abschieben**

**Qualitatives  
Modell für  
Verschneidung  
entwickeln**

**Anleitungen zur  
Interpretation  
von Indikatoren**

oder Fehlinterpretationen leicht möglich sind. Ich glaube, so etwas erwartet sich auch letztendlich der Politiker, wenn er mit diesem Instrumentarium umzugehen hat oder darauf aufzubauen hat.

**Soll-Werte:  
Räumlicher  
Bezug wichtig**

**Blum:** Zunächst zu den Soll-Werten, die von Kollegen Glück angesprochen wurden. Wir sollten dazu noch einmal festlegen, in welchem Raum wir diskutieren. Wenn ich für Österreich z. B. die Nitrat-RL bezüglich Grundwasser diskutiere ist der entscheidende Punkt, daß in Österreich das Grundwasser überall Trinkwasserqualität haben muß, das ist unsere Gesetzgebung in Österreich. Andere Länder – ich könnte sofort zwei nennen – interessiert das überhaupt nicht. Die haben eine Industrie, die Geräte schafft, welche das Grundwasser solange reinigen, bis es zu Trinkwasser wird, die holen z. B. das Nitrat heraus und das Problem ist gelöst.

Also genau wie Kollege Glück angesprochen hat: Die Instrumentarien der Politik werden dann, wenn das Wasser industriell gereinigt wird, die Industrie und die Menschen, die in der Industrie arbeiten, fördern. Wenn ich aber auf dem Grundsatz von Österreich bestehe, müßte ich die Bauern und die Forstleute fördern, damit sie in der Lage sind, so zu produzieren, daß das Grundwasser sauber bleibt oder sauber wird.

Das sind zwei völlig verschiedene Finanz- und Investitionskonzepte, und hier schließt sich dann genau die Frage an: Wie definieren wir die Response-Indikatoren? Für Österreich haben wir sehr wohl Vorstellungen, wie wir die Umwelt steuern, auf welcher gesetzlichen Basis (z. B. Smogalarm-Gesetz, Grundwasser-, Trinkwasserverordnung) – aber wie ist das in einem größeren räumlichen Rahmen, z. B. in Europa?

**Untersuchung  
der Stoffflüsse  
bei  
Verschneidung**

Weiters zur Frage der Vernetzung: Mir ist aufgefallen, daß wir heute in den verschiedenen Arbeitskreisen die Frage der Stoffflüsse wenig angesprochen haben. Die Problematik der Beeinflussung der verschiedenen Faktoren geht über Prozesse, d. h. ich verlagere Stoffe durch eine Handlung von dem einen in einen anderen Bereich hinein. Die Stoffflußanalyse und die Gewichtung der Stoffflüsse und der Energie, die in diesen Stoffflüssen enthalten ist, ist eine ganz entscheidende Fragestellung.

**Stoff- und  
Energieinput in  
die Landwirtschaft schafft  
Umweltprobleme**

Die landwirtschaftlichen Probleme heute liegen meiner Ansicht nach daran, daß wir in den letzten 40 Jahren in die Landwirtschaft große Mengen an Energie investiert haben, davon sehr viel fossile Energie, um uns die Flächen so herzurichten, daß wir heute überall alles anbauen können. Vor 50 Jahren konnte nur auf bestimmten Böden Roggen, Weizen oder Kartoffeln angebaut werden. Die heutige Generation baut alles überall an. Durch Bodenbearbeitung, durch Düngung etc. haben wir die Landwirtschaft auf ein so hohes Energieniveau angehoben, daß wir über naturräumliche Gesetze hinweg – überspitzt formuliert – überall alles produzieren können. Wir kompensieren durch Investitionen von Energie und Stoffen und das bringt uns in einen Bereich hinein, wo das Faß überzulaufen beginnt und sich die Frage stellt: Was passiert dabei mit der Umwelt?

**Landschaft als  
Querschnitts-  
materie per se**

Daraus ergeben sich dann weitere gezielte Fragen: Wie laufen die Stoffflüsse in Raum und Zeit und wie ist die Art und das Gewicht der Stoffflüsse? Die beste Art, diese Fragen zusammenzuführen, ist die Landschaft, weil dies der höchstaggierte Rahmen ist.

In einer Landschaft haben wir Ortschaften, Straßen, Flüsse, Wald, Landwirtschaft u.s.w. Daraus ergibt sich die 1. Frage: Wie weit ist diese Landschaft von der Natur weg? Das ist auch ein OECD-Faktor: Naturnähe –

Naturferne von Landschaften (Hemerobie). Es ist wichtig, Kriterien für den Versiegelungsgrad von Landschaften zu finden, ein ganz heißes Thema im europäischen Kontext. Die 2. Frage ist dann: Welche Stoffflüsse gibt es von den Städten, von den Straßen in die Landschaft hinein?

**Wrbka:** Zur Landschaftsstruktur als integrierender Indikator: Das ist ein Ergebnis des Kulturlandschaftsschwerpunktes des Wissenschaftsministeriums, welcher kurz vor dem Abschluß steht.

Zur Hemerobie: Das wäre ein headlinefähiger Indikator.

Ich möchte appellieren, daß wir uns in Zukunft ganz stark ökologischen Flächenstichproben widmen und diese als Methodik gesichert in Institutionen übernehmen und auch finanzieren. Dann können wir weiter auf solchen Flächen bzw. Beobachtungssystemen aufbauen. Da kommt besonders dem Umweltbundesamt als „keeper of the flame“ eine Koordinationsfunktion zu, nur dann können wir von der lokalen Ebene auf die Landschaftsebene und auf die nationale Ebene extrapolieren und wirklich hochintegrierende Indikatoren entwickeln.

**Appell für  
Flächen-  
stichproben**

**Ellmauer:** Ich war ein bißchen enttäuscht, daß es sich – ich war im Arbeitskreis Biodiversität – eigentlich vorerst nur um ein brainstorming gehandelt hat und wir der Diskussion etwas hintennach hinken.

Indikatoren werden ja seit langer Zeit diskutiert und auch bereits in sehr wichtigen Bereichen benutzt. Man denke nur daran, daß bei der Evaluierung des Österreichischen Programms für eine umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) bereits Indikatoren für Biodiversität u. a. Bereiche benutzt werden mußten. Das heißt, hier hinken wir ein wenig der Diskussion nach, weil da Indikatoren bereits benutzt werden müssen und wir mit unserer Diskussion vielleicht nicht mehr Einfluß nehmen können.

**Indikatoren  
werden schon  
verwendet**

Ich denke, es wäre sehr notwendig, jetzt ein follow up zu starten, man muß weiter diskutieren, man muß jetzt Qualitäten herausholen aus dieser Liste von Indikatoren, die wir gefunden haben, ein „ranking“ vornehmen und Indikatoren herausstreichen, die besonders wertvoll bzw. besonders nutzbringend für die weitere Diskussion sind. Darauf aufbauend muß man eine systematische Erfassung planen, d. h. daß die Ergebnisse der Diskussion um Indikatoren auch eingehen in eine statistische Erfassung (in Richtung ÖSTAT), damit die Indikatoren auch Politikbereichen nutzbar und zugänglich gemacht werden können.

**„Ranking“ von  
Indikatoren  
notwendig**

**Haberl:** Ich will mich den Wortmeldungen von Prof. Blum und Dr. Wrbka anschließen. Ich denke, eine Möglichkeit, zu aggregierten Indikatoren zu kommen (in Richtung headline-Indikatoren, die auch von Peter Bosch bereits erwähnt wurden), ist das Konzept, nachhaltige Entwicklung als ein Problem der Stoff-, Material- und Energieflüsse zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Systemen zu betrachten.

**Nachhaltigkeit  
durch Stoff- und  
Energieflüsse  
definieren**

In der internationalen Diskussion über nachhaltige Entwicklung, beispielsweise im „International human dimensions program“, im Wuppertal Institut oder im World Resources Institut geht die Entwicklung in diese Richtung. Man untersucht den Stoffwechsels einer Gesellschaft als Analogon zum Stoffwechsel von Organismen. Gesellschaftliche Materialflüsse, die

man dann auch zu einem „Gesamtmaterialdurchsatz“ aggregieren kann, könnte man als strategische Indikatoren verwenden, die natürlich nicht alle Umweltprobleme im Detail zu erklären vermögen, die man jedoch über die Zeit hinweg verfolgen kann.

Im Energiebereich ist man so etwas seit vielen Jahren gewöhnt, da gibt es Indikatoren wie Primärenergieverbrauch pro Kopf oder pro BIP oder den gesamten Primärenergieverbrauch eines Landes, die man als strategische Indikatoren verwendet. Ich denke, das kann man auch auf die Materialien ausdehnen.

**Fläche als  
3. Dimension**

Eine 3. Dimension, über die man auch aggregieren kann, ist die Fläche bzw. die Flächeninanspruchnahme.

Dann hätte man drei Basisdimensionen, wo man versuchen kann, sinnvolle Aggregate zu bilden. Natürlich benötigt man in vielen Bereichen Zusatzinformationen, aber man kann immerhin gewisse Zusammenführungen finden. Weiters wäre dann die räumliche Verknüpfung, wie auch schon von Prof. Blum angesprochen, ein wichtiger Punkt.

**Verknüpfung  
mit sektoralen  
Aktivitäten**

Ein anderer Punkt, der mir wichtig erscheint, ist die Möglichkeit der Verknüpfung mit sozioökonomischen Prozessen, d. h. z. B. Materialbilanzen an sektorale Wirtschaftsaktivitäten in Input-Output-Form anzubinden.

**„Durchforstung“  
der Indikatoren  
notwendig**

**Schober:** Ich bin positiv überrascht, daß ich Beispiele für Indikatoren gesehen habe, die mir auch für Österreich alleine sinnvoll erscheinen. Trotzdem meine ich aber, daß eine Durchforstung aller dieser Indikatoren und neuen Ansätze in zwei Richtungen das Wichtigste ist, bevor man in die Tiefe geht:

- Wie weit sind sie mit den derzeitigen internationalen Entwicklungen kompatibel und
- wie weit haben die Indikatoren sozusagen genügenden „Leitwert“,

denn es kostet unter Umständen viel Geld, diese laufend zu erheben.

**Dem Workshop  
soll ein zweiter  
folgen ...**

Es sollte diesem Workshop entweder ein zweiter folgen oder es sollten Folgearbeiten stattfinden, jedoch nicht mit dem Ziel eines Brainstorming in welchen Bereichen wir noch mehr tun könnten, sondern mit dem Ziel einer Durchforstung, wo wir Abstriche machen könnten bzw. welche Indikatoren die beste Aussage geben.

Wir würden Sie gerne einladen, sich über die gerade laufenden internationalen Aktivitäten zu informieren. Es hätte nämlich keinen Sinn, eine neue Struktur oder völlig neue Ansätze zu wählen, momentan könnte man nur bei einigen Ansätzen oder Indikatoren versuchen, sie in eine Richtung zu lenken, die für Österreich von Interesse ist. Dabei könnte das Umweltministerium Hilfestellung leisten. Ich ersuche Sie daher, sich an uns zu wenden.

**Plädoyer für die  
750 Parameter**

**Traxler:** Ich möchte ein Plädoyer aussprechen, warum wir 750 Parameter brauchen, die wir messen. Ich war im Arbeitskreis Natur und Landschaft, Biodiversität, hier wurde eine Reihe von verschiedensten Parametern aufgestellt, aber wir haben es nicht geschafft, ein „ranking“ zustande zubringen und dann einen headline-Indikator zu schaffen. Das wird man in der nächsten Diskussion sicher noch durchbringen. Es hat sich schon gezeigt, daß ein hochaggregierender Indikator sicherlich die Landschaftsstruktur ist.

Man muß sagen, daß diese Indikatoren, die an der Spitze des „Eisberges“ stehen, diese wenigen „headline-Indikatoren“ leicht zu messen und politisch umsetzbar sind. Sie geben eine grobe Orientierung zum Thema Naturhaushalt, aber sie können nichts erklären. Für Erklärungen und Lösungsmöglichkeiten muß man wieder an die Basis des Eisberges zurückgehen.

Der Arbeitskreis Natur und Landschaft, Biodiversität hat versucht, die Grundlagen des Eisberges zu sichten und ich möchte davor warnen, diese Indikatoren zusammenzuschumpfen: Der Eisberg schwimmt nur, weil von unten der Auftrieb herrscht, wenn von unten die Basis nicht stimmt, dann haben die oberen Parameter eigentlich nur mehr Signalfunktion und können nichts mehr bewirken.

Beispielsweise muß der Indikator „Ökologische Flächenstichprobe“ ja auch Anfragen für die Evaluierung der Natura 2000-Gebiete beantworten oder Antworten für die Biodiversitätskonvention geben können, das kann man ganz sicher mit den „headline-Indikatoren“ nicht, da braucht man sehr viele Parameter, die diese Fragen beantworten oder Lösungsmöglichkeiten bieten.

Zum Arbeitskreis Natur und Landschaft, Biodiversität: Wir besitzen bis jetzt kein räumliches Bezugssystem. Es gibt ökologische Flächenstichproben, wo man sich orientieren kann, das ist der „countryside survey 1990“ in England, wo es seit über zwanzig Jahren Erfahrung gibt und Parameter gemessen werden, die wir hier festgelegt haben.

In Österreich haben wir zwar einzelne Parameter österreichweit erhoben, wie z. B. die Floristische Kartierung Österreichs, die noch immer nicht zugänglich ist, die aber zumindest ein räumliches Rastersystem hat, das auch andere Bereiche schon verwenden. Da wird Österreich in Quadranten eingeteilt, das ergibt über 2.500 Quadranten, die einen räumlichen Bezug darstellen. Das sollte das Meßsystem der Ökologen sein, genauso wie es ein Luftschadstoff-Meßnetz gibt oder ein flächendeckendes Wassergütemeßnetz.

Ich möchte eine Folie zeigen, damit man eine Vorstellung von dem Rastersystem hat, und zwar eine Österreich-Karte für die nationale Bewertung der Natura 2000-Gebiete, wo die österreichweite Verbreitung von Karbonat – Latschengebüsch dargestellt ist. Weiters gibt es in Österreich die Flechtenkartierung von Prof. Türk, die sich diesem System anschließt, oder die Waldinventur, die sich in das Quadrantensystem umwandeln läßt.

Mein dringender Aufruf an das Umweltbundesamt wäre: Man sollte hier den Zug nicht abfahren lassen: Ökologische Flächenstichproben gibt es in anderen Ländern seit Jahren, das hilft bei der Umsetzung der ganzen Richtlinien, die auf uns zukommen und bei den Problemen, die wir damit haben. Das muß einmal von einer Bundesstelle zumindest koordiniert werden, daß so etwas errichtet wird.

**Vogel:** Gestatten Sie mir eine in diesem Rahmen etwas provozierende Behauptung: Ich behaupte, Indikatoren sind nicht so wichtig. Sie sind zumindest nicht das einzig Wichtige, sondern es gibt etwas, das vor jedem Indikator stehen muß, und das ist eine Fragestellung.

Man muß eine Fragestellung haben, deren Beantwortung wichtig und bedeutungsvoll ist, man muß die Wichtigkeit der Beantwortung dieser Frage an einen politischen Entscheidungsträger kommunizieren können. Wenn

**Räumliches  
ökologisches  
Rastersystem  
für Österreich  
notwendig**

**Plädoyer für  
ökologische  
Flächen-  
stichproben**

**Indikatoren sind  
nicht so wichtig  
...**

**... Die  
Fragestellung  
ist wichtiger!**

man das nicht kann, muß man die Frage anders formulieren, treffender und prägnanter. Wenn man aber eine Frage hat, deren Wichtigkeit man kommunizieren kann und deren Beantwortung die Menschen, die hiervon betroffen sind, interessiert, dann kann man versuchen, einen Indikator dazu zu finden. Dieser Indikator kann ein einzelner Parameter oder ein hochaggregiertes System sein, das aussagekräftig ist und auf einer Vielzahl von einzelnen Parametern basiert.

**Fragestellung  
für  
Kommunikation  
wichtig**

Dieses Kriterium gilt nicht nur dafür, Informationen für politische Entscheidungsträger zu kommunizieren, sondern dieses Kriterium muß auch gelten, um Fachleute von einer Fachrichtung Fachleuten einer andern Fachrichtung verständlich zu machen. Ich muß zugeben, daß ich bei der Verfolgung dieser langen Listen an Indikatoren, obwohl ich aus dem Umweltbereich komme, vielfach selbst große Schwierigkeiten mit der Beantwortung folgender Fragen hatte: Wozu ist das gut, was will damit gesagt werden?

**Freyer:** Ich versuche, etwas nach vorne zu denken: Wir haben hier ein Feld von Indikatoren gesammelt und einige Hinweise bekommen, wie wir sie strukturieren können.

**Kriterien,  
die ein Indikator  
erfüllen muß**

Einen recht guten Ansatz, wie man weitermachen könnte, hat meiner Ansicht nach der Arbeitskreis Wald formuliert, indem er aufgezeigt hat, welche Kriterien ein Indikator erfüllen muß und wofür der Indikator zuständig ist. Diese Frage muß man sicher zu jedem Indikator in dem jeweiligen Arbeitskreis konkret diskutieren.

**Direkte  
und indirekte  
Indikatoren**

Der zweite Aspekt, der mir bei allen Arbeitskreisen aufgefallen ist, ist folgender: Es gibt sogenannte „direkte“ und „indirekte“ Indikatoren: Die indirekten Indikatoren sind solche wie z. B. Bodennutzung (Fruchtfolge) oder Düngereinsatz; ein direkter Indikator wäre die konkrete Messung der Bodenerosion oder einer Nährstoffbelastung im Wasser. Das sind zwei unterschiedliche Ansätze und soweit ich die internationale Literatur kenne, unterscheidet man diese beiden Kategorien. Ich möchte vorschlagen, daß man sich bei der Überarbeitung der Vorschläge überlegt und reflektiert, ob man diese Struktur übernimmt.

**„Nutzer“ und  
„Schutzgüter“**

Ein weiterer Aspekt, wie man die Ergebnisse der 5 Arbeitskreise überarbeiten könnte, wäre: Einerseits haben wir den Wald und die Landwirtschaft behandelt als sogenannte „Nutzer“ im Sinne von: Wie wirken diese auf die sogenannten „Schutzgüter“ ein bzw. wieviel Ressourcen werden durch diese Nutzer je erzeugte Energieeinheit verbraucht? In den anderen Arbeitskreisen wurde dagegen das Schutzgut selbst diskutiert. Es ist die Frage, wenn man die Matrix der Indikatoren aufbereitet, ob wir von der Seite der Nutzer kommen, also Siedlung, Industrie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, oder ob wir aus dem Blickwinkel der Schutzgüter Bewertungen vornehmen. Wir müssen uns einfach einigen, wie wir das hierarchisieren. Das halte ich für wichtig.

**Festlegen von  
Einheiten und  
Systemgrenzen**

Dann möchte ich die Diskussion nochmals auf zwei weitere Aspekte lenken: Es gibt die Landschaft als Systemgrenze oder es gibt die Produktkette als Systemgrenze usw.. Es handelt sich also um die Frage nach Kriterien zur Festlegung von Systemgrenzen, aber auch von Bezugsgrößen (Einheit). Hier sollte man nochmals genau reflektieren und ganz zu Beginn, wenn es um die Kriterien geht, die ein Indikator erfüllen muß, die Frage stellen: Welche Einheit ist die richtige und welche Systemgrenze

ist die richtige. Ich glaube, wir haben unterschiedliche Situationen und müssen allenfalls flexibel in der Wahl von Einheiten, Systemgrenzen sein, müssen diese aber auch begründen können.

**Meister:** Ich kann mir sehr wohl vorstellen, als einen pragmatischen Vorschlag um das babylonische Sprachengewirr zu verkleinern, daß man z. B. im Energiebereich statt 27, 83 oder 97 drei oder vier Zahlreihen komponiert, präsentiert und für sich selbst sprechen läßt und gegebenenfalls einen Annex hinzusetzt, für alle, die mehr darüber wissen wollen. Ich denke, daß dies für die anderen Bereiche auch möglich sein sollte.

Obwohl wir ein multidisziplinäres Forum waren und sind, sind wir deswegen aber noch lange nicht interdisziplinär genug, um das gesteckte Ziel präsentieren zu können, nämlich Indikatoren für etwas. Ich liefere aber auch gleich die Entschuldigung dafür: Indikatoren für den Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung erinnern mich ein wenig an Travnicek: „Ich weiß zwar nicht, wo ich hinahre, aber dafür soll ich schneller dort sein“. Wir wissen eigentlich nicht, was Nachhaltigkeit in seiner Interdisziplinarität sein sollte.

Ich möchte eine kleine Anregung für einen follow up geben: In Zukunft sollten wir uns nicht mehr unseren jeweiligen Disziplinen zugeordnet zusammenschließen, sondern uns bunt mischen.

Ich würde gerne diskutieren: Wie würde, sollte resp. könnte in einer Gemeinde X im Jahr 2020, 2050 unter der gegebenen Rahmenbedingung, es wäre eine bestimmte Anzahl von Ressourcen nicht mehr verfügbar, das Leben organisiert sein, um bestimmte Wohlstandsansprüche, die wir heute von uns selbst gerne erfüllt wissen möchten, noch immer für alle erfüllt zu haben?

Für den Bereich Energie gebe ich gerne ein Beispiel: Es ist sehr wohl denkbar daß eine Stadt wie Wien mehr oder weniger ohne fossile Energieträger auskommt, dafür hat es zweimal in der Geschichte dieses Jahrhunderts Beispiele gegeben. Ich glaube, die Kollegen von der Forstwirtschaft waren nicht sehr beglückt, als der Wienerwald mehr oder weniger kahl war. Das war eine Lebensweise, wo es eine absolute Verknappung von nicht erneuerbaren Energieträgern gegeben hat (= main input). Man muß sich also nur eine Gesellschaft vorstellen, wo keine fossilen Energieträger mehr genutzt werden, die wäre dann nachhaltig. Ob es die fossilen Energieträger nicht mehr gibt oder ob sie nicht mehr verfügbar sind, sei dahingestellt, es gibt sie einfach nicht mehr. Die Frage ist, wie müßte dann die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung gestellt werden für 1,2 Mio. Menschen, damit sie Nachhaltigkeitskriterien entspricht? Dann könnte man fragen: Wie würden wir das eigentlich messen? Bisläng sind viele von den hier vorgetragenen Indikatoren noch nicht ganz dem Zielbegriff der Nachhaltigkeit entsprechend definiert, sondern aus unserem gegenwärtigen Wissen heraus, aber noch nicht von dem Punkt, der vielleicht 2020, 2050 avisiert wird.

**Glück ad hoc:** Ich möchte Herrn Meister kategorisch widersprechen, wenn er sagt, wenn wir über Indikatoren diskutieren, dann wissen wir zwar nicht, wo wir hinwollen, aber wir sind vielleicht schneller dort. Ich glaube, wir sollten uns bewußt sein, daß die Diskussion über Indikatoren der Definition der Nachhaltigkeit dient und das erscheint mir ein sehr wichtiger Nebeneffekt dieses Workshops zu sein.

**3-4  
Zahlenreihen  
mit Annex**

**Vorstellungen  
von  
Nachhaltigkeit  
noch mangelhaft**

**In Zukunft  
keine Bereichs-  
Arbeitskreise  
sondern  
Durchmischung!**

**Indikatoren-  
diskussion dient  
der Definition  
der  
Nachhaltigkeit**

**Man braucht  
das Utopium im  
Hinterkopf!**

**Steiner Th.:** Es fehlen einfach die Fragen, damit man Indikatoren vernetzen kann, ohne Fragen geht es aber nicht. Wenn man keine Frage hat, wenn man nicht das Utopium im Hinterkopf hat, dann geht es nicht. Ich glaube, daß die meisten das Utopium kennen, sich aber nicht trauen, es zu benennen. Ich habe den Eindruck gehabt, daß eine Art Ping-Pong gespielt wird: Geben uns jetzt die Politiker die Ziele vor oder dürfen wir die Ziele formulieren?

In dieser ungeklärten Situation befinden wir uns gerade und sobald wir eine konkrete Frage hätten, ich denke auch an eine ganz andere Thematik wie z. B. „Arbeitslosigkeit verringern“, dies könnte genau so gut in diesem Arbeitskreis gelöst werden, schon allein mit den Indikatoren, obwohl es überhaupt nicht um dieses Thema geht. Es würden sich dann sofort die richtigen Indikatoren zusammenstellen lassen, sobald dieses Utopium bekannt ist.

**GIS als Kom-  
munikations-  
werkzeug**

Ich glaube, wir brauchen ein Spielzeug und wir haben es schon: GIS oder andere Kommunikationswerkzeuge, wo wir dieses Utopium als unser Ziel festhalten und gleichzeitig unsere Ist-Situation anschauen können. Dann kann man überlegen und probieren, wie man das Ziel erreicht. Und sobald wir mit diesem Instrument und den Daten spielen, werden wir manche Konzepte, die wir im Kopf haben, wegschmeißen, weil sie keine konkreten Ergebnisse liefern, aber dafür plötzlich auf neue Ideen kommen. Der Indikator, der vielleicht zuerst unwichtig erschienen ist, bekommt plötzlich eine andere Bedeutung aufgrund einer Fragestellung, eines Ziels.

**Wissenschaft  
soll der Politik  
Vorschläge  
unterbreiten**

Ich glaube, daß uns die Politik nicht die Ziele vorgeben wird, dazu ist sie jetzt noch nicht fähig, aber ich glaube, daß wir uns die Ziele durchaus setzen dürfen und dann als Vorschlag der Politik geben und fragen können, wie es wäre, wenn sich das System in diese Richtung entwickeln würde.

**Steindlegger:** Ich stimme dem Kollegen Vogel zu. Diese Reihenfolge von 1. Frage, Definition eines Problems und 2. Indikatoren möchte ich an einem Beispiel demonstrieren:

**Faktor Zeit und  
die  
Notwendigkeit  
von vielen  
Indikatoren**

Stellen Sie sich vor: Ein Kind wird eingeliefert in ein Krankenhaus, es ist schwer verletzt und wir beginnen erst dann zu forschen, was es denn haben könnte. Wir sollten die Antwort oder zumindest einige Indikatoren, einige Indizes für die Verletzung dieses Kindes parat haben. Das ist ein eindeutiges Argument für eine Anzahl von Indikatoren. Gleich den Ärzten im Krankenhaus steht auch der WWF oftmals unter gehörigem Druck. Dieser Druck heißt Zeit – Faktor Zeit. Ähnlich, wie wenn ein Kind auf die Intensivstation kommt, heißt es, schnell zu reagieren. Diesem Druck ist der WWF sehr oft über die Anfragen von Medien aber auch über politische oder alltägliche Umwelterscheinungen ausgesetzt. Es ist allerdings nur dann möglich, Fragen bzw. Probleme rasch zu formulieren, wenn eine große Anzahl von Indikatoren bereits zur Verfügung steht.

Als Beispiel: bei den Forest Score Cards hat der WWF 91 Indikatoren zusammengestellt, mehr als alle anderen den Wald betreffenden Systeme, ausgenommen den Datengrundlagen. Diese Indikatoren basieren auf einer Unzahl von Daten und sie haben es ermöglicht, wesentliche Fragen und Probleme zu formulieren, wie es ohne die Existenz dieser Indikatoren nicht möglich gewesen wäre.

**Blum:** Nachdem ich jetzt mind. 6 verschiedene Antworten gehört habe, was Indikatoren sein sollen, will ich zwei Beispiele nennen:

Die OECD ist die „Organisation for Economic Cooperation and Development“. In dieser Organisation wird verhandelt über GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) und dahinter steckt die Welthandelsorganisation WTO. Warum wollen die Indikatoren? Warum beschäftigen sich diese Organisationen schon seit 20 Jahren mit Indikatoren? Weil sie versuchen wollen, weltweit einen Konsens darüber zu erreichen, welche Ware wo erzeugt werden kann und zu welchen Bedingungen. Die wollen im Grunde genommen keine Handelsbeschränkungen in dem Sinne, daß wir sagen, wir akzeptieren in Europa das, was die USA als Nahrungsmittel produziert, nicht, weil wir andere Produktionsstandards haben. Die WTO will versuchen, Einigungen und Gemeinsamkeiten zu erzielen.

Die OECD hat gesehen, daß das möglich ist, weil sie weiß, daß auf der Nordhemisphäre – und diese ist hauptsächlich in der OECD vertreten – die Verlängerung der Lebenserwartung das entscheidende Motiv allen Handelns ist. Das heißt, wenn wir heute Umweltforschung machen, dann machen wir es nicht, weil die Vögel so schön sind und die Frösche so fröhlich quaken, sondern weil wir glauben, länger leben zu müssen und dafür eine Umwelt brauchen, die uns das ermöglicht. Das ist die Motivation! Würde es um Afrika gehen, würde niemand über Indikatoren reden. Die Menschen dort sind froh, wenn sie heute oder morgen zu essen und zu trinken haben. Eine völlig andere Welt, in der diese Argumente, die wir heute und gestern ausgetauscht haben, ziemlich irrelevant sind.

Wenn wir aber schon in Österreich diskutieren, dann sollten wir über das diskutieren, was nachhaltig im Sinne unserer Lebensbedingungen ist, in denen wir leben, arbeiten und uns erholen. Hier erwarten die Politiker von uns Faustzahlen, wo es langgehen soll. Wir sollen ihnen Szenarien an die Hand geben, an denen sie sich orientieren können. Ob sie es dann tun, ist eine ganz andere Frage. Sie werden es nur dann tun, wenn sie glauben daß alle, die sie wählen und die sie tragen, derselben Meinung sind, da sie ja wiedergewählt werden wollen.

Die Politiker wollen von uns, von den Fachleuten, von den Ministerien, von den Wissenschaftern, von all jenen, von denen sie annehmen, daß sie sachkundig sind, Szenarien und diese Szenarien verdichtet man auf Indikatoren: Die Politiker möchten wissen, was passiert, wenn man eine Handlung setzt: Wenn man eine Straße von hier nach dort baut, eine Sperre anlegt oder eine Hochleistungsstrecke für die Eisenbahn quer durch die Felder baut. Diese Indikatoren müssen griffig und verständlich und v. a. so gut sein, daß die Politiker annehmen können, daß die breite Masse, die sie wieder wählen soll, auch verstanden hat, warum die Indikatoren so entscheidend sein können. Dies ist für mich eine wesentliche Bedingung für Indikatoren, so wie sie die Politiker brauchen.

Es gibt sehr unterschiedliche Motivationen, nach Indikatoren zu suchen, (siehe OECD, Szenario von Österreich). Ich war erstaunt, zu hören, daß sich die Forstleute in Europa in Helsinki und in Lissabon auf Indikatoren für nachhaltige Waldwirtschaft und die Erhaltung des Waldes geeinigt haben. Das ist eine Großtat, die gibt es in anderen Sektoren noch gar nicht. Wir sind beim Wasser, bei der Landwirtschaft noch dabei, auf Länderebene, wie z. B. in Österreich zu diskutieren, geschweige denn in Europa Gemeinsamkeiten zu definieren.

**Hintergrund der  
OECD zu  
Indikatoren**

**Lebens-  
erwartung als  
Motivation für  
Umweltschutz**

**Indikatoren für  
Politiker – ...**

**...  
Notwendigkeit  
der  
Verständlichkeit  
und Akzeptanz  
bei den breiten  
Massen**

- Für eine Klarheit der Sprache: Begriffe klären**  
**Gann:** Ich möchte eine Lanze brechen für die Klarheit der Sprache: Wie sollen wir die richtige Frage stellen, wenn wir möglicherweise aneinander vorbeireden, wenn wir Begriffe verwenden, die jeder etwas anders versteht. Vorhin wurde der Begriff Ökobilanz verwendet, wobei aber Lebenszyklusanalyse gemeint war. Diese Begriffe dürfen nicht miteinander verwechselt werden. Es wird die Aufgabe der Nachbearbeitung dieses Workshops sein, die Konsistenz der Sprache zu wahren, die richtigen Begriffe zu finden und die Schnittstellen so zu wählen, daß die jeweils die richtigen Begriffe auch gemeint sind.
- Nebeneinander von wenigen headline-Indikatoren und einer Vielzahl an spezifischen Indikatoren**  
**Kienzl:** Ich möchte erläutern, wie wir weiter vorgehen wollen. Es steht sehr klar im Raum: Einerseits brauchen wir ein Set an einigen, wenigen, für die Politiker klar verständlichen Indikatoren und andererseits brauchen wir für unseren spezifischen Arbeitskreis, für unser spezifisches Thema viele Indikatoren. Ich glaube, daß beides notwendig ist und nebeneinander seine Berechtigung hat, aber dieses Nebeneinander müssen wir sehen und für die „headline-Indikatoren“ die Auseinandersetzung weiter führen.
- Fortsetzung der Arbeiten**  
 Da in einigen Arbeitskreisen der Wunsch aufgekommen ist, die Arbeitskreise fortzuführen, werden wir in den nächsten Wochen versuchen, diese Sets an Indikatoren zu fixieren, zu konkretisieren.
- Neuerliches Zusammenkommen ist notwendig**  
 Wir wissen weiters, daß es im Luftbereich Indikatoren gibt, daß im Bereich Verkehr daran gearbeitet wird und auch Abfall ein wichtiger Bereich ist, der auch nicht vergessen werden darf. Wir werden wieder so einen Workshop benötigen, in dem wir die Experten der verschiedenen Bereiche so zueinanderbringen wollen, daß das Reduzieren und Konzentrieren auf die „headline-Indikatoren“ möglich ist.
- Titanic und der Eisberg – ein Seilakt**  
 Es ist oft das Bild des Eisberges strapaziert worden: Wenn wir wirklich nur die Spitze des Eisberges sehen, kann es uns so ergehen, wie der Titanic. Wenn aber dieses Signal, diese Spitze so deutlich und so klar ist, daß wir rechtzeitig vorher abdrehen, dann können wir diese Kombination, diesen Seilakt zwischen den vielen fachlich notwendigen Indikatoren und den wenigen „headline-Indikatoren“ vielleicht schaffen.
- Intensiver Kontakt zu Medien**  
 Bei den Anforderungen an die Verwaltung wurde u. a. von DI Schimon die Aufklärung der Bevölkerung, das Arbeiten mit den Medien genannt. Es ist ganz wichtig, daß diese Indikatoren dann auch Akzeptanz finden. Bei der Forderung nach einem effektiveren Vollzug der bestehenden Gesetze sind wohl viele Bereiche in der Verwaltung angesprochen.
- Einbringen der Ergebnisse in internationale Gremien**  
 Gemeinsam mit Dr. Schober habe ich besprochen, was das Umweltministerium in Zukunft machen wird: Diese Gruppen von Indikatoren, die wir jetzt in der Nachbearbeitung fixieren, werden in den internationalen Gremien weiterbehandelt werden müssen. Das heißt aber nicht, daß diese Indikatorensets für ewig festgesetzt sind und keine Entwicklung mehr möglich ist, notwendig ist eine Weiterentwicklung jedenfalls.
- Publikation des Tagungsbandes**  
 Als Zwischenergebnis werden wir den Tagungsband herausgeben, womit der Stand in Österreich, für die behandelten 5 Bereiche beschrieben ist.  
 Wo dann die Ebene des Handelns liegen wird, das ist eine entscheidende Frage: Das kann und muß einerseits die internationale Schiene sein, zum anderen ist da vieles oft lokal, bezirksbezogen, regional bzw. national umzusetzen.

Abschließend möchte ich feststellen, daß diese Diskussion eine sehr anregende war, in den Arbeitskreisen wurde konzentriert gearbeitet, wichtig waren auch die Diskrepanzen, die es da und dort gab und geben muß.

Ich bedanke mich sehr herzlich bei allen Referenten des gestrigen Tages und bei allen Moderatoren, die es sicherlich nicht leicht gehabt haben, sowie auch bei allen, die unter ziemlich großem Einsatz den Workshop organisiert haben. Ich bedanke mich für die Teilnahme an der Diskussion und wünsche mir zu diesem Thema eine weitere angeregte Debatte und Zusammenarbeit von Verwaltung, Wissenschaft und Nicht-Regierungs-Organisationen.

## THESEN UND HANDLUNGSBEDARF

**Bettina Götz**  
Umweltbundesamt

Im Verlauf der Diskussionen im Rahmen des Workshops wurden folgende Punkte als Thesen und Handlungsbedarf für die Arbeiten an Umweltindikatoren genannt:

1. Die **Fragestellung (der Anwendungsfall** – d. h. wofür kann der Indikator herangezogen werden) ist entscheidend bei der Diskussion um Indikatoren und muß zuerst erarbeitet werden.
2. Die **Anforderungen** an den Indikator müssen ebenfalls zuerst geklärt werden (welche **Kriterien** muß er erfüllen?). Zum Beispiel muß feststehen, ob man detaillierte Angaben benötigt oder einen groben Überblick bekommen möchte.
3. Ein „**Ranking**“ von Indikatoren, ein Herausheben von Qualitäten aus den Indikatorenlisten ist jetzt notwendig. Eine gewisse Strukturierung der zusammengestellten Indikatoren könnte z. B. durch die Einteilung der Indikatoren in Indikatoren für Schutzgüter und Indikatoren für Nutzer, oder auch in direkte und indirekte Indikatoren erfolgen.
4. Ein **Nebeneinander** von **vielen Indikatoren (Datenbasis)** und „**headline-Indikatoren**“ ist notwendig, beide Ansätze haben ihre Berechtigung und können für bestimmte Fragestellungen Informationen liefern. Eine Reduktion der Indikatoren ist notwendig.
5. Indikatoren können als **Wahrnehmungs- und Lernhilfen** für das **Erkennen von Zusammenhängen** dienen. Als solche werden sie für das Verstehen des komplexen Systems der nachhaltigen Entwicklung benötigt und können für Entscheidungsfindungen herangezogen werden.
6. Indikatoren haben und brauchen eine zugrundeliegende **Werthaltung**. Sowohl die Fragestellung und die Zielsetzung, für die Indikatoren herangezogen werden, als auch die Auswahl an Indikatoren sind wertbehaftet.
7. Die **politische Zielbeschreibung** für Indikatoren ist wichtig. Ob diese von der Verwaltung oder der Wissenschaft oder der Politik vorgegeben werden soll, wurde kontrovers diskutiert.
8. Es sollten nicht nur Response-Indikatoren erarbeitet, sondern auch **politikwissenschaftliche Evaluierungen** durchgeführt werden. Das Vorhandensein von z. B. regulativen Instrumenten läßt nur unzureichend auf deren (Umwelt-)Wirkung schließen. Als mögliche Response-Indikatoren wurden Aussagen, Reaktionen und Taten der Politiker genannt.
9. Den Indikatoren sollten **Soll-Werte** hinzugefügt werden. Durch den Vergleich von Ist-Werten mit Soll-Werten können sinnvolle Konsequenzen abgeleitet werden.
10. Der **räumliche Bezug** für Indikatoren ist wichtig. Für ökologische Erhebungen in Österreich wäre ein einheitliches Rastersystem, wo alle Erhebungen verschnitten werden können, notwendig.
11. Eine **Anleitung zur Interpretation** von Indikatoren ist notwendig.
12. Als **Instrumente für die Vernetzung** von Indikatoren in Raum und Zeit wurden u. a. die Stoff- und Energieflußanalyse, GIS und die Landschaftsstruktur genannt.
13. Mit Hilfe von **Monitoring-Programmen und ökologischen Flächenstichproben** sollte eine Testung und Umsetzung der im Bereich Naturschutz erarbeiteten Indikatoren erfolgen. Durch Koordinierung dieser Untersuchungen könnte man von der lokalen Ebene auf die Landschafts- und nationale Ebene extrapolieren.
14. Eine **systematische Erfassung** der Indikatoren sollte nun geplant werden.
15. In Zukunft, d. h. bei einer möglichen Nachfolgeveranstaltung, sollten die Experten aus den verschiedenen Fachrichtungen und Bereichen in den **Arbeitskreisen gemischt** werden.