

Beitragsserie: Ökosystembewertung

Ökonomische Ansätze zur Ökosystembewertung am Beispiel des Bodens¹

Teil I: Der Boden aus ökologischer, ökonomischer und ökologisch-ökonomischer Sicht (2/99)

Teil II: Verfahren zur Monetarisierung von Ökosystemleistungen (3/99)

Teil III: Der Faktor Zeit im ökonomischen Ansatz: Das Diskontierungsproblem (4/99)

Präambel

Die Frage der Bewertung von Ökosystemen nimmt nicht nur in der ökologischen Forschung, sondern auch in der Ökonomik in den letzten Jahren einen immer breiteren Raum ein. Ursächlich dafür sind die immer offenkundiger zutage tretenden Folgen anthropogener Eingriffe in die Ökosphäre und die Erkenntnis, daß damit die existentielle Lebensgrundlage des Menschen angegriffen wird. Ökonomisch ausgedrückt: Es wird immer deutlicher, daß die Beeinträchtigungen der Ökosphäre hohe Schadenskosten verursachen. Vor dem Hintergrund dessen, daß es in einer Industriegesellschaft faktisch unmöglich ist, das Belastungsniveau der Natur auf ein Maß zu reduzieren, das jegliche Schädigung ausschließt, besteht die unabdingbare Notwendigkeit, die vielfältigen Wirkungen anthropogener Einwirkungen auf Ökosysteme zu bewerten, um so zum einen grundsätzlich die Informationsbasis individueller und gesellschaftlicher Entscheidungen über Ökosystemnutzungen zu verbessern und zum anderen Prioritäten für den Schutz von Ökosystemen aufzudecken.

Eine der zur Verfügung stehenden Bewertungstechniken ist der ökonomische Ansatz. Im Zentrum dieses Ansatzes steht als Maßstab der monetäre Wert der Funktionen bzw. Leistungen von Ökosystemen. Für Nicht-Ökonomen mag die Monetarisierung zunächst befremdlich erscheinen, sind doch Beeinträchtigungen von Ökosystemen überwiegend auf wirtschaftliche, sprich finanzielle Interessen zurückzuführen. Die ökonomische (monetäre) Umweltbewertung zielt allerdings gerade auf jene Funktionen der Umwelt, die im Rahmen marktlicher Prozesse nicht erfaßt werden. So ist es Ziel der ökonomischen Bewertung des Bodens, monetäre Werte für die marktlich weitgehend unbewerteten Regelungs- und Lebensraumfunktionen zu ermitteln, um so eine Vergleichbarkeit mit den marktlich bewerteten Nutzungen des Bodens wie der land- und forstwirtschaftlichen Produktion oder der Nutzung als Baufläche (sogenannte Produktions- und Trägerfunktionen) zu ermöglichen. Das charakteristische Problem in der Bewertung, nämlich un-

terschiedliche Dimensionen aufeinander abbilden zu müssen (Machbarkeitsforderung), soll im ökonomischen Ansatz also durch einen einheitlichen Maßstab, den monetären Wert, gelöst werden. Andere Bewertungsansätze, wie z.B. die Ökobilanztechnik oder die Nutzwertanalyse arbeiten dagegen in vielen ihrer Varianten mit Gewichtungsfaktoren; in mathematischen Konzepten wie dem der partiell geordneten Mengen (Hasse-Diagrammtechnik) kann (muß aber nicht) auf eine Aggregation ganz verzichtet werden (vgl. hierzu diese Zeitschrift [1-4]).

In dieser Beitragsreihe wird der ökonomische Bewertungsansatz in seiner Konzeption vorgestellt; es wird also keine konkrete ökonomische Bewertung vorgenommen. Vielmehr soll gezeigt werden, wie der ökonomische Bewertungsansatz auf die Umwelt Anwendung finden kann. Beispielhaft wird dabei der Boden herangezogen, nicht zuletzt weil dieser Ausschnitt der Umwelt nicht nur in der Umweltpolitik, sondern auch in ökonomischen Analysen lange Zeit vernachlässigt worden ist. In Teil I wird der Boden zunächst aus ökologischer, dann aus einer konventionellen ökonomischen Sicht gekennzeichnet. Mit der sich anschließenden ökologisch-ökonomischen Perspektive werden neuere Entwicklungen in der ökonomischen Forschung aufgegriffen, die gerade mit Blick auf die Bewertung von Ökosystemen von zentraler Bedeutung sind. Sie versuchen eine Brücke zwischen ökonomischer und ökologischer Bewertungsforschung zu schlagen. In Teil II werden die Möglichkeiten und Grenzen der Monetarisierung von Ökosystemleistungen erörtert. Teil III ist der Frage der Berücksichtigung des Faktors "Zeit" im ökonomischen Bewertungsansatz gewidmet und vermittelt einen Anschluß an die Beitragsserie: Die Bedeutung der Zeit I-III [vgl. hierzu diese Zeitschrift 5-7]. Es wird erläutert wie durch die sogenannte Diskontierung zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallende Kosten und Nutzen vergleichbar gemacht werden, und es wird diskutiert, inwieweit die Diskontierungstechnik bei der Bewertung von Ökosystemen anwendbar ist.

¹ Die vorliegende Aufsatzreihe ist im Rahmen eines vom GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (München) geförderten Projekts zu den "Möglichkeiten und Grenzen einer ökonomischen Bewertung chemischer Bodenbelastungen" entstanden. Dank für die Unterstützung gilt Herrn Prof. Friedrich O. BEESE (jetzt Universität Göttingen, Institut für Bodenkunde und Waldernährung) und vor allem Herrn Prof. Joachim KLEIN (jetzt Technische Universität Braunschweig, Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie), die in ihrer damaligen Funktion bei der GSF die Durchführung des Projekts ermöglicht haben. Dank gebührt auch Herrn Prof. Horst ZIMMERMANN (Universität Marburg, Abteilung für Finanzwissenschaft) für die inhaltliche Betreuung des Projekts.

Ökonomische Ansätze zur Ökosystembewertung am Beispiel des Bodens

Teil I: Der Boden aus ökologischer, ökonomischer und ökologisch-ökonomischer Sicht

¹Oliver Fromm, ²Rainer Brüggemann

¹Universität Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Nora-Platiel-Straße 4, D-34109 Kassel

²Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abt. Ökohydrologie, Rudower Chaussee 6a, D-12489 Berlin

Korrespondenzautor: Dr. Oliver Fromm

Zusammenfassung

Da es in einer Industriegesellschaft unmöglich ist, die Belastungen von Ökosystemen auf ein Maß zu reduzieren, das jegliche Schädigung ausschließt, besteht die Notwendigkeit der Schadensbewertung. Eine der zur Verfügung stehenden Bewertungstechniken ist der ökonomische Ansatz. In der Beitragsserie wird dieser Ansatz am Beispiel des Bodens in seiner Konzeption vorgestellt. Im vorliegenden ersten Teil wird der Boden als Teil von Ökosystemen aus ökologischer und aus einer konventionellen ökonomischen Sicht gekennzeichnet. Mit der anschließenden sog. ökologisch-ökonomischen Perspektive werden neuere Entwicklungen in der ökonomischen Bewertungsforschung aufgegriffen. Es wird gezeigt, wie sich ökologische und ökonomische Bewertung ergänzen können. Insbesondere wird herausgestellt, daß für ein ökonomisches Bewertungskalkül ökologische Grenzen gesetzt werden sollten, die sich aus ökonomischer Sicht aus den nicht-substituierbaren Leistungen des ökologischen Vermögensbestandes "Bodenstruktur" ableiten.

Schlagwörter: Boden; Bodenfunktionen; Existenzwert; Konsumwert; Ökologische Ökonomik; ökosystemare Funktionen; ökosystemare Strukturen; Ökosystembewertung; primärer Wert; Produktionswert; sekundärer Wert (von Ökosystemen)

Abstract

Economic Methods of Ecosystem Valuation – The Soil Example Part I: The Soil from an Ecological, Economic and Ecological-economic Perspective

As it is practically impossible in an industrial society to reduce impacts into ecosystems to a level that would preclude any damages, the need for damage valuation arises. One of the available valuation tools is the economic approach. Subsequent publications present this approach using the example of soils. In the first part, soils as part of ecosystems are considered from an ecological and a conventional economic point of view. In the following so-called ecological-economic perspective, more recent developments in economic valuation research are introduced. It is shown how ecological and economic valuation can complement one another. It is emphasized that economic valuations should be restricted to a critical soil structure which, in economic terms, is determined by the non-substitutable services of the ecological asset.

Keywords: Consumption value; ecological economics; ecosystem functions; ecosystem structure; ecosystem valuation; existence value; functions of soil; primary value; production value; secondary value (of ecosystems); soil

1 Kennzeichnung des Bodens aus ökologischer Sicht: Die Bedeutung der Regelungs- und Lebensraumfunktion

In der naturwissenschaftlichen Ökosystemforschung werden Ökosysteme bekanntlich einerseits hinsichtlich ihrer ökosystemaren Strukturen und andererseits hinsichtlich ihrer ökosystemaren Funktionen analysiert. Unter ökosystemaren Strukturen werden dabei abiotische Elemente (Lebensraumbedingungen), der Artenbestand des Systems und seine wechselseitigen Beziehungen subsumiert. Die Strukturkomponenten bestimmen die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens. Diese fungieren wiederum als Steuergrößen für die im Boden ablaufenden chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse wie der Ad- und Desorption, der mechanischen Rückhaltung oder dem abiotischen/biotischen Ab- und Umbau von Stoffen [8-10]. Die abiotischen und biotischen Komponenten der Bodenstruktur und die zwischen ihnen ablaufenden Prozesse sind also bestimmend für das (ökonomisch zu bewertende) ökologische Leistungsangebot des Bodens in

Form der sogenannten Bodenfunktionen. Hier lassen sich drei Funktionen nennen, wobei die Abgrenzung in der Literatur allerdings nicht einheitlich erfolgt [10-13]:

- **Die Regelungsfunktion.** Im Boden laufen sämtliche Energie- und Stoffkreisläufe, wie zum Beispiel der Wasserkreislauf, die globalen Stoffkreisläufe (Kohlenstoff-, Stickstoffkreislauf etc.) oder auch die Biomasseproduktion und -dekomposition, zusammen. Die Regelungsfunktionen des Bodens gelten deshalb als unverzichtbare Grundlage sämtlicher Lebensvorgänge.
- **Die Lebensraumfunktion.** Der Boden trägt als Lebensraum für Biozönosen in erheblichem Maße zur Vielfalt von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen bei. Zum einen gibt es viele verschiedene Organismen in den Böden, zum anderen sind die heterogenen Lebensraumbedingungen des Bodens Basis der biologischen Vielfalt auf dem Boden. Vielfalt der Böden und die der Lebewesen sind also auf das engste verknüpft. Die besondere Bedeutung dieser Funktion resultiert aus ökologischer Sicht außerdem daraus,

daß die Bodenorganismen in entscheidender Weise am Abbau, Umbau und Aufbau von Stoffen im Boden beteiligt bzw. auch hiervon abhängig sind. So werden etwa 90 Prozent der stofflichen Umsatzleistungen im Boden von der Bodenfauna und -flora übernommen [10]. Lebensraum- und Regelungsfunktion stehen somit in enger Verbindung zueinander. Die beiden Funktionen werden auch als ökologische Bodenfunktionen bezeichnet.

- Die **Produktionsfunktion**. In der hier gewählten Definition bleibt sie auf die Funktion des Bodens beschränkt, als Standort für Nutzpflanzen zu dienen².

Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung für den Erhalt der Leistungsfähigkeit der Böden soll aus ökologischer Sicht primär der Erhalt der ökologischen Funktionen, also der Regelungs- und Lebensraumfunktionen sichergestellt und diesen ein Vorrang vor anderen Funktionen eingeräumt werden. Die Bodenfunktionen werden also nicht als gleichrangig angesehen [10,14]. Ökonomisch ausgedrückt hat der Schutz der ökologischen Funktionen, unabhängig von Kosten-Nutzen-Abwägungen, Vorrang vor den übrigen Bodenfunktionen.

2 Der Boden aus umweltökonomischer Sicht: Bodenschutz als Abwägungsproblem

Im konventionellen umweltökonomischen Ansatz werden Bewertungen – und dies ist für das Verständnis dieses Ansatzes von zentraler Bedeutung – **allein** aus den Präferenzen der Individuen abgeleitet. Bewertungen erfolgen also nicht über Expertenwissen. Vielmehr ergibt sich der Wert der Umwelt, analog zur Bewertung marktlicher Güter, einzig aus ihrer Nutzenstiftung für den Menschen. Als Indikator für den Nutzen eines Gutes wird dabei auf den monetären Wert, genauer: die monetäre Zahlungsbereitschaft der Individuen zurückgegriffen.

Dementsprechend wurde in der konventionellen umweltökonomischen Literatur die Bedeutung der Umwelt (und damit auch des Bodens) für den Menschen bis in die jüngere Vergangenheit auf drei Funktionen beschränkt [allgemein 15,16; speziell für den Boden 17]:

- Die produktive Nutzung. Während der produktive Wert der Nutzung des Bodens als land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche, als Fläche für den Bau von Verkehrswegen und Gebäuden (sog. Trägerfunktion) oder auch als Abbaufäche von Bodenschätzen hinlänglich bekannt ist (Boden als volkswirtschaftlicher Produktionsfaktor), sind die produktiven Nutzungsmöglichkeiten der biologischen Vielfalt des Bodens erst in jüngerer Zeit deutlich geworden. Ein Beispiel aus dem Bereich der Biotechnologie ist die begründe-

te Aussicht, Enzyme von Mikroorganismen anstelle von Platin als Katalysatoren für die Ammoniaksynthese einsetzen zu können [18].

- Die konsumtive Nutzung für Freizeit- und Erholungszwecke (Erlebniswerte) sowie als weitere konsumbezogene Nutzenkomponente die sog. Existenzwerte; sie werden als Werte definiert, die Gütern unabhängig von einer aktiven gegenwärtigen oder zukünftigen Nutzung durch die bewertenden Individuen beigemessen werden. Existenzwerte beruhen folglich lediglich auf der Information, daß eine Ressource (also z.B. eine Art oder ein Ökosystem) existiert.
- Die dritte Funktion besteht in der Aufnahme anthropogen verursachter Schadstoffeinträge.

Diese ökonomische Abgrenzung der Umweltfunktionen erfaßt die **ökologische** Bedeutung des Bodens allerdings nur unvollständig. Ökologische Funktionen dienen dem Menschen nicht nur durch die Assimilation von Schadstoffen, sondern sie bieten umfassende Sicherungsleistungen für die menschliche Gesundheit sowie das vom Menschen geschaffene Sachvermögen. Die Regulierung klimatischer Prozesse oder des Wasserkreislaufs drückt sich wie die Filterung, Pufferung und Transformation anthropogen verursachter Schadstoffeinträge letztendlich in vermiedenen Sachschäden und vermiedenen Gesundheitsschäden aus. In der ökonomischen Literatur wird diesen Zusammenhängen nur zögerlich Rechnung getragen. Es setzt sich jedoch zunehmend die Erkenntnis durch, daß das ökonomisch relevante Leistungsspektrum von Ökosystemen um jene Leistungen ergänzt werden muß, die das ökologische Beziehungsgefüge stabilisieren und von denen somit eine Unterstützungs- und Schutzfunktion für das ökonomische System ausgeht. Terminologisch werden diese Leistungen der Natur in der Literatur sehr vielfältig erfaßt: Sie werden autoren-spezifisch als "indirekte Nutzungswerte", "inhärente Werte", "primäre Werte" oder auch "Infrastrukturwert" bezeichnet [19-22].

Wenn man dieser "ökologisch aufgeklärten ökonomischen Sicht" von Ökosystemen folgt, läßt sich zwischen der ökologischen und ökonomischen Sicht des Bodens folgende Analogie herstellen (→ *Tabelle 1*): Die Bodenstruktur, d.h. die Elemente des Bodens, die letztendlich seine konkreten Eigenschaften bedingen, kann ökonomisch als outputbestimmende Bestandsgröße: genauer als Vermögensbestand interpretiert werden. Von der spezifischen Beschaffenheit dieses Vermögensbestandes hängen die Funktionen des Bodens ab, ökonomisch ausgedrückt: die einer anthropogenen Nutzung zur Verfügung stehenden Leistungen des Bodens.

Tabelle 1: Systemmerkmale des Bodens aus ökologischer und ökonomischer Sicht (in Anlehnung an [19])

Allgemeine Systemmerkmale	Ökologische Dimension	Ökonomische Dimension
Bestandsgrößen	Bodenstruktur	Vermögensbestand Boden
Stromgrößen	Bodenfunktionen	Leistungen des Bodens

² In der Literatur wird diese Auflistung neben der Trägerfunktion, auf die in Kapitel 2 eingegangen wird, noch um die Kulturfunktion ergänzt. Sie erfaßt die besondere Bedeutung des Bodens für die geschichtliche und kulturelle Entwicklung menschlicher Gesellschaften [12].

Diese Gegenüberstellung ökologischer und ökonomischer Dimensionen des Bodens zeigt Gemeinsamkeiten der beiden Disziplinen auf und klärt die unterschiedlichen Sprachregelungen. Im Hinblick auf die Gewichtung der Bodenfunktionen verbleibt jedoch ein grundlegender Widerspruch [17]: Das Kernproblem der Bodennutzung liegt aus ökonomischer Sicht darin, daß zwischen Bodenfunktionen Konkurrenzverhältnisse bestehen können: Vereinfacht ausgedrückt erfordert der Schutz der ökologischen Funktionen eine Reduktion oder Veränderung bestimmter anthropogener Eingriffe in den Boden, die Nutzung der Träger- und Produktionsfunktion ist dagegen zwingend mit anthropogenen Eingriffen in das Bodensystem verbunden und kann zur Beeinträchtigung der ökologischen Funktionen und damit zu Bodendegradationen führen. Dies heißt nicht, daß jeder anthropogene Eingriff in den Boden eine Schädigung darstellt; so werden im Rahmen landwirtschaftlicher Produktionsprozesse durch anthropogene Eingriffe auch Bodenbildungsprozesse oder die Bodenfruchtbarkeit gefördert. Grundsätzlich sind es aber Eingriffe bei der Nutzung des Bodens als Träger- oder Produktionsfläche, die zu Bodendegradationen führen. Dies macht aus ökonomischer Sicht Abwägungen erforderlich. Um dies an einem Beispiel zu erläutern: Die Nutzung des Bodens als Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsfläche führt durch Bodenversiegelungen zur Behinderung des Stoffaustausches; der Boden wird dem Naturkreislauf weitestgehend entzogen. Dies hat zum Beispiel negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und kann vermehrt Überschwemmungen induzieren. Den Nutzen der Trägerfunktion sind also die Kosten der Beeinträchtigung der Regelungsfunktion gegenüberzustellen. Bodenschutz kann dann aus ökonomischer Sicht folglich nur das Ergebnis der Abwägung der entsprechenden Bodenfunktionen bzw. der ihnen zugrundeliegenden Nutzungskonflikte sein.

Insgesamt wird deutlich, daß die ökonomische Betrachtung keinesfalls – wie oftmals fälschlicherweise unterstellt wird – auf die produktiven Nutzungen des Bodens beschränkt bleibt, sondern auch die ökologischen Leistungen erfaßt werden (letzteres gilt zumindest dann, wenn man neueren Entwicklungen in der Umweltökonomik folgt). Allerdings – und hier weicht der ökonomische Ansatz systematisch vom ökologischen Ansatz ab – wird a priori keiner Bodenfunktion eine hervorgehobene Bedeutung beigemessen. Die zwischen den Bodenfunktionen bestehenden Konkurrenzbeziehungen müssen vielmehr nach Maßgabe volkswirtschaftlicher Kosten und Nutzen abgewogen werden. Keiner Funktion kann ohne eine derartige Abwägung ein Vorrang eingeräumt werden.

Die auf die besondere Bedeutung der Regelungs- und Lebensraumfunktion abstellende ökologische Sicht ist allerdings in jüngerer Zeit auch in der ökonomischen Forschung aufgegriffen worden. Die ökologische Argumentation stellt nämlich letzten Endes grundsätzlich in Frage, ob das ökonomische Bewertungskalkül durchgängig auf die Umwelt und damit auch den Boden anwendbar ist. D.h. es ist zu prüfen, ob das dem ökonomischen Ansatz zugrundeliegende sogenannte Substitutionsparadigma, also die Annahme, daß Güter – und damit auch Umweltleistungen – beliebig ausgetauscht werden können,

auf die Umwelt Anwendung finden kann. Hier setzt die Ökologische Ökonomik an.

3 Der Boden aus Sicht der Ökologischen Ökonomik. Grenzen des ökonomischen Abwägungskalküls

Die uneingeschränkte Anwendbarkeit des Substitutionsparadigmas auf das Naturvermögen wird in jüngerer Zeit vor allem im Rahmen der Forschungsrichtung der Ökologische Ökonomik in Frage gestellt (für eine Übersicht [23]). Grundlegend für diese Position ist die Annahme, daß zwischen den ökologischen Leistungen von Ökosystemen und der direkten anthropogenen Leistungsanspruchnahme eine spezifische Abhängigkeitsbeziehung, ökonomisch ausgedrückt: eine **Komplementaritätsbeziehung** besteht. Zusammen mit dem Problem der weitgehenden **Unkenntnis ökologischer Wirkungszusammenhänge** und der **begrenzten technischen Substituierbarkeit** von ökologischen Funktionen führt dies zu der Empfehlung, dem ökonomischen Kosten-Nutzen-Kalkül ökologische Grenzen zu setzen.

In der Ökologischen Ökonomik gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Ansätzen, mit denen diese Abhängigkeitsbeziehung zwischen ökologischen Leistungen und anthropogener Nutzung von Ökosystemen erfaßt werden soll. Weitgehend durchgesetzt hat sich die Differenzierung von Ökosystemleistungen nach Gren et al. [21]:

- Leistungen, die für die Entwicklung und Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Systems selbst von Bedeutung sind
- Leistungen für andere Ökosysteme sowie
- Leistungen, die der menschlichen Nutzung direkt zur Verfügung stehen

Die beiden erstgenannten Leistungen beschreiben die Selbsterhaltungskapazitäten (dynamische evolutorische Prozesse, Stabilität) von Ökosystemen. Dieser sog. primäre Wert ist die Quelle für die übrigen, die sogenannten exportierten oder sekundären Leistungen des Ökosystems. Primäre und sekundäre Werte stehen somit in einem komplementären Verhältnis.

Der ökonomische Wert des Bodens läßt sich dementsprechend wie in **Abbildung 1** darstellen: Die ökologischen Strukturen und Funktionen sind – als primärer Wert – Vorausset-

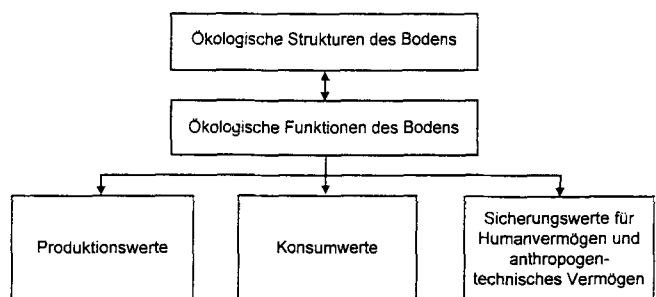


Abb. 1: Der ökonomische Gesamtwert des Bodens (eigene Darstellung)

zung für die direkten produktiven und konsumtiven Nutzungen des Bodens durch den Menschen sowie die vielfältigen Sicherungsleistungen des Bodens.

Diese Zusammenhänge führen aus ökonomischer Sicht zu der eher trivialen Schlußfolgerung, daß der Wert der ökologischen Bodenfunktionen für den Menschen in einer Gesamtbeurteilung gegen unendlich strebt; sie sind insgesamt unverzichtbar. Umweltpolitische Entscheidungen sind jedoch dadurch gekennzeichnet, daß über graduelle Eingriffe in die Natur entschieden werden muß. Es geht nicht um die Frage, ob die Natur insgesamt erhalten werden soll, sondern ob marginale³ Eingriffe hingenommen werden sollen oder nicht. Derartige graduelle Entscheidungen erscheinen auch aus ökonomischer Sicht nach Maßgabe des Kosten-Nutzen-Kalküls grundsätzlich zulässig: Es können spezifische ökologische Leistungen beeinträchtigt werden, allerdings um den Preis des Verlustes von Erholungswerten (z.B. Waldschäden), der qualitativen und quantitativen Beeinträchtigung land- und forstwirtschaftlicher Produktionsergebnisse, der Hinnahme von Sachschäden (z.B. durch Hochwasser) oder auch Gesundheitsschäden (z.B. durch belastete Nahrungsmittel).

Das Kernproblem dieser Abwägungsentscheidungen liegt jedoch darin begründet, daß das Wissen über die Konsequenzen von Eingriffen in die ökologischen Strukturen und Funktionen unvollkommen ist. So ist in der Regel nicht bekannt, welche Strukturen und Funktionen bestimmte Leistungen von Ökosystemen ermöglichen. Dies gilt insbesondere für die Sicherungsleistungen von Ökosystemen, deren Nutzenstiftungen oftmals erst dann aufgedeckt werden, wenn sie durch Störungen ökologischer Strukturen und Funktionen beeinträchtigt werden [24,25].

Das Nitratabbauvermögen des Bodens kann hier als Beispiel gelten: In der Vergangenheit wurde davon ausgegangen, daß zwischen dem Abbau des Nitrats und der anthropogenen Nachlieferung ein Fließgleichgewicht besteht, daß der Boden also bestimmte Mengen Nitrat denitrifizieren kann. Neuere naturwissenschaftliche Erkenntnisse legen jedoch die Annahme nahe, daß die Abbauleistung erschöpfbar ist und der fortlaufende Eintrag somit zu einer Reduzierung der Umsetzungskapazitäten des Bodens führt. Das Nitratabbauvermögen des Bodens strebt durch die ständige Überdüngung folglich einem Minimum entgegen [26,27]. Dies hätte zur Folge, daß Nitrate ungehindert in das Grundwasser weitergeleitet würden. Aus ökonomischer Sicht hätten also in der Vergangenheit deutlich höhere Schadenskosten (z.B. höhere Wiederaufbereitungskosten) veranschlagt werden müssen. Unkenntnis der ökologischen Systemzusammenhänge hat hier also zu einer Unterschätzung der Schadenskosten geführt.

³ Der Begriff "marginal" impliziert hier keine Bewertung in dem Sinne, daß die Eingriffe nur von nachrangiger Bedeutung sind, sondern er leitet sich aus der ökonomischen Methode der "Marginalanalyse" ab. Die Marginalanalyse ist ein Verfahren, mit dem untersucht wird, welche Wirkungen von kleinen (grenzwertigen) Änderungen einer ökonomischen Größe auf andere ökonomische Größen ausgeht. Das mathematisch-analytische Hilfsmittel ist entsprechend die Differential- oder Differenzenrechnung.

Die lückenhafte Kenntnis der Komplementaritätsbeziehungen zwischen den ökologischen Strukturen und Funktionen einerseits und anthropogener Leistungsanspruchnahme des Bodens andererseits führt dazu, daß anthropogene Eingriffe in das Ökosystem Boden zu unvorhersehbaren Schäden, also Wohlfahrtseinbußen führen können. Dies wäre dann nicht problematisch, wenn für die geschädigten ökologischen Funktionen technische Substitute zur Verfügung ständen. In der Ökologischen Ökonomik werden die Substitutionsmöglichkeiten ökologischer Funktionen allerdings kritisch beurteilt [28]. Es wird davon ausgegangen, daß eine Substitution der ökologischen Funktionen von Ökosystemen durch technische Aufwendungen letztendlich nur "in Einzelfällen, keineswegs jedoch grundsätzlich und überall" [29] möglich ist. Derartige "Einzelfälle" sind zum Beispiel die Beeinflussung der Assimilationsfähigkeit von Ökosystemen durch den gezielten Einsatz spezifischer Bakterienstämme zum Abbau toxischer oder kanzerogener Stoffe in der Natur [30] oder auch die biologische Klärstufe, die als ein technisches Substitut für die Trinkwasserschutzfunktion des Ökosystems Boden angesehen werden kann.

Grundsätzlich ist es somit das Zusammenspiel der Komplementarität primärer und sekundärer Ökosystemleistungen, weitgehender Unkenntnis dieser Zusammenhänge und der begrenzten technischen Substitutionsmöglichkeiten ökologischer Funktionen, die aus ökonomischer Sicht eine uneingeschränkte Anwendung des Abwägungskalküls auf die Regelungs- und Lebensraumfunktionen des Bodens als eine Strategie erscheinen lassen, bei der unkalkulierbare und möglicherweise irreversible Wohlfahrtseinbußen nicht ausgeschlossen werden können. Um dies zu vermeiden plädiert die Ökologische Ökonomik für eine vorsichtige, quasi "ökologisch begrenzte" Anwendung des ökonomischen Bewertungskalküls.

4 Die Gewichtung der Bodenfunktionen – Folgerungen für die Grenzen der ökonomischen Bewertung

Im Ergebnis lassen sich im Hinblick auf die Bewertung der Bodenfunktionen drei Perspektiven identifizieren:

- Die konventionelle ökonomische Position, derzufolge die Gewichtung der Bodenfunktionen in Bodennutzungs- oder -schutzentscheidungen nur das Ergebnis einer Abwägung der gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen sein sollte.
- Die ökologische Position, mit der Forderung nach einer Minimierung der Bodendegradationen unabhängig von den damit verbundenen Kosten.
- Die Ökologische Ökonomik, die bestimmte ökologische Funktionen als unverzichtbar und nicht-substituierbar ansieht. Dem ökonomischen Bewertungskalkül werden ökologische Grenzen gesetzt [23,31]. Zur Operationalisierung dieser Grenzen wäre idealerweise ein kritischer Vermögensbestand "Bodenstruktur" festzulegen, der nicht unterschritten werden darf. Dieser kritische Vermögensbestand könnte an den sogenannten Nachhaltigkeitsregeln orientiert wer-

den [32]. Darüber hinaus wäre die Anwendung des ökonomischen Abwägungskalküls zulässig. Auch im Ansatz der Ökologischen Ökonomie wird also auf Monetarisierungen (als Entscheidungsgrundlage für Abwägungen) zurückgegriffen, allerdings nur im Rahmen der genannten ökologischen Grenzen.

5 Literatur

- [1] BRÜGGEMANN, R., KAUNE, A., KLEIN, J., ZELLNER, R. (1996): Anwendung der Hasse-Diagrammtechnik zur Bewertung ökologischer Schutzziele. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 8, S. 89-96
- [2] BRÜGGEMANN, R., KAUNE, A., ZELLES, L., HARTMANN, A., STEINBERG, C. (1995): Einsatz der Hasse-Diagrammtechnik zur vergleichenden Datenanalyse von Biomarkerantworten und ökotoxikologischen Tests. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 7, S. 265-274
- [3] BRÜGGEMANN, R., STEINBERG, C. (1995): Einsatz der Hasse-Diagrammtechnik zur vergleichenden Bewertung von aquatischen Wirkungstests. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 7, S. 323-332
- [4] BRÜGGEMANN, R., GINZEL, G., STEINBERG, C. (1997): Trinkwasserschutzgebiete. Ein mathematisches Hilfsmittel zur Harmonisierung von Interessenkonflikten bei der Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 9, S. 339-343
- [5] KÜMMERER, K. (1997): Die Bedeutung der Zeit. Teil I: Die Vernachlässigung der Zeit in den Umweltwissenschaften. Beispiele – Folgen – Perspektiven. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 9, S. 49-54
- [6] KÜMMERER, K., HELD, M. (1997): Die Bedeutung der Zeit. Teil II: Die Umweltwissenschaften im Kontext der Zeit – Begriffe unter dem Aspekt von Zeit. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 9, S. 169-178.
- [7] KÜMMERER, K., HELD, M. (1997): Die Bedeutung der Zeit. Teil III: Vielfalt der Zeit in den Umweltwissenschaften – Herausforderung und Hilfe. In: UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 9, S. 283-290
- [8] WILD, A. (1993): Soils and the Environment: An Introduction. Cambridge
- [9] STEINBERG, C., KLEIN, J., BRÜGGEMANN, R. (1995): Ökotoxikologische Testverfahren. Übersicht über bestehende Testverfahren, Modellierung in der Ökotoxikologie. Empfehlungen für Normung und Forschung. Landsberg/Lech
- [10] FRÄNZLE, O. et al. (1993): Grundlagen zur Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen. Berichte des Umweltbundesamtes 59/93. Berlin
- [11] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1987): Umweltgutachten 1987. Stuttgart, Mainz
- [12] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahrgutachten 1994. Bonn
- [13] DAILY, G.C., MATSON, P., VITOUSEK, P.M. (1997): Ecosystem Services Supplied by Soil. In: Daily G.C. (Hrsg.): Nature's Services. Washington, D.C., Covelo, S. 113-132
- [14] CEBULLA, P. (1987): Bodenschutz aus ökologischer Sicht. In: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (Hrsg.): Bodenschutzpolitik und ökologische Wirtschaftsforschung. Dokumentation der VÖW-Tagung in Berlin 26.-28.6.1987, Schriftenreihe des IÖW 6/87. Berlin, S. 50-69
- [15] SIEBERT, H. (1995): Economics of the Environment. Theory and Policy. 4. Aufl., Berlin u.a.
- [16] HARTWIG, K.-H. (1995): Umweltökonomie. In: Bender, D. et al. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik. Bd. 2, 6. Aufl., München, S. 123-162
- [17] FROMM, O. (1997): Möglichkeiten und Grenzen einer ökonomischen Bewertung des Ökosystems Boden. Frankfurt
- [18] ATKINS, P.W. (1993): Chemie des Wandels. Atome, Elektronen, Reaktionen. Heidelberg, Berlin, Oxford, S. 22
- [19] BARBIER, E.B. (1994): Valuing Environmental Functions: Tropical Wetlands. In: Land Economics 70, S. 155-173
- [20] FARNWORTH, E.G. et al. (1981): The Value of Ecosystems: An Economic and Ecological Framework. In: Environmental Conservation 8, S. 275-282
- [21] GREN, I.-M. et al. (1994): Primary and Secondary Values of Wetland Ecosystems. In: Environmental and Resource Economics 4, S. 55-74
- [22] COSTANZA, R. et al. (1997): The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. In: Nature 387, S. 253-260
- [23] HAMPICKE, U. (1995): Ökologische Ökonomie. In: Junkerheinrich, M., Klemmer, P., Wagner, G.R. (Hrsg.): Handbuch zur Umweltökonomie. Berlin, S. 138-144
- [24] BINGHAM, G. et al. (1995): Issues in Ecosystem Valuation: Improving Information for Decision Making. In: Ecological Economics 14, S. 73-90
- [25] DAILY, G.C. (1997): Introduction: What Are Ecosystem Services?. In: Daily, G.C. (Hrsg.): Nature's Services. Washington, D.C., Covelo, S. 1-10
- [26] STREBEL, O., BÖTTCHER, J., DUYNISVELD, W.H.M. (1993): Ermittlung von Stoffeinträgen und deren Verbleib im Grundwasserleiter eines norddeutschen Wassergewinnungsgebietes. Texte des Umweltbundesamtes 46/93. Berlin
- [27] Umweltbundesamt (1990): Jahresbericht 1990. Berlin
- [28] NUTZINGER, H.G. (1993): Langzeitverantwortung im Umweltstaat aus ökonomischer Sicht: Zur Konzeption des nachhaltigen Wirtschaftens. In: Gethmann, C.F., Klopfer, M., Nutzinger, H.G. (Hrsg.): Langzeitverantwortung im Umweltstaat. Bonn, S. 42-78
- [29] HAMPICKE, U. (1992): Ökologische Ökonomie. Opladen
- [30] ULBRICH, K. (1995): Modellierung hydrologischer Prozesse und räumlicher Belastungsmuster in einer Leipziger Flußbaue. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (GfÖ) 24, S. 561-565
- [31] Beirat Umweltökonomische Gesamtrechnung (1995): Umweltökonomische Gesamtrechnung – Zweite Stellungnahme des Beirats "Umweltökonomische Gesamtrechnung" beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu den Umsetzungskonzepten des Statistischen Bundesamtes. In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 8, S. 455-476
- [32] Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft" (Hrsg.) (1994): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bundesratsdrucksache 12/8260. Bonn

Eingegangen am: 29.10.1998
Akzeptiert am: 08.02.1999