UMWELT
SCHRIFTENREIHE FÜR ÖKOLOGIE UND ETHOLOGIE
24

Volker Stahlmann
Heidemarie Glöckner
Reinhold Priewasser

„Ökobilanzen"
8. Tagung des wissenschaftlichen Beirates

24 HERAUSGEBER:
VEREIN FÜR ÖKOLOGIE UND UMWELTFORSCHUNG 1996

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Richtige Ökonomie ist die kulturelle Fortsetzung der Ökologie. Wäre der Mensch in Politik und Wirtschaft dieser Grundregel gefolgt, hätte es niemals jene katastrophalen Umweltzerstörungen und Lebensraumvergiftungen gegeben, die uns heute bedrohen. Rettung aus dieser Gefahr können nicht Meinungskrieg und gegenseitige Bekämpfung bringen, sondern einzig und allein die Zusammenarbeit aller.

Der 1984 gegründete „Verein für Ökologie und Umweltforschung" will gemeinsam mit der bereits seit 1957 auf dem Gebiet des Umweltschutzes in vorderster Front kämpfenden „Forschungsgemeinschaft Wilhelminenberg" den Weg der Zusammenarbeit gehen und vor allem durch das „Institut für angewandte Öko-Ethologie" neue Initiativen setzen. Es geht hier um die Erforschung vordringlicher Umweltprobleme ebenso wie um die Revitalisierung zerstörter Gebiete und die steuernde Mitplanung von Ökologen bei ökonomischen Maßnahmen in der Landschaft. Dazu kommen Information und Volksbildung als wichtige Faktoren im Kampf um eine gesündere Umwelt.

Auch dieses Heft soll Beitrag sein zur Erreichung der gesetzten Ziele.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

U M W E L T
SCHRIFTENREIHE FÜR ÖKOLOGIE UND ETHOLOGIE 24

Volker Stahlmann
Heidemarie Glöckner
Reinhold Priewasser

„Ökobilanzen“

8. Tagung des wissenschaftlichen Beirates

24 HERAUSGEBER:
VEREIN FÜR ÖKOLOGIE UND UMWELTFORSCHUNG 1996

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Zu den Autoren

Prof. Dr. Stahlmann lehrt die Fächer Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Material- und Fertigungswirtschaft sowie Umweltverantwortliche Unternehmensführung an der Georg-Simon-Ohm Fachhochschule Nürnberg. Er hat an verschiedenen Praxisforschungsprojekten über ökologische Bilanzierung und Öko-Controlling in Verbindung mit dem JÖW (Berlin), B. A. U. M. (Hamburg) und future (Osnabrück) teilgenommen und die in Deutschland verbreitete relativ abstufende ABC/XYZ-Methode zur Bewertung von Umweltwirkungen entwickelt. Er ist Mitherausgeber der Zeitschrift „Umweltwirtschafts Forum" und „Blick durch Wirtschaft und Umwelt" und Autor zahlreicher Veröffentlichungen zum Thema „Ökologische Ökonomie" Seit 1992 ist er wissenschaftlicher Beirat beim Verein für Ökologie und Umweltforschung (Wien).

Dr. Heidemarie Glöckner, Jahrgang 1948, geboren und aufgewachsen in West-Berlin, Lehramtsstudium in Nürnberg.
Von 1974 – 1994 Arbeit als Lehrerin in der Hauptschule. Nebenberufliches Studium der Pädagogik, Philosophie und Psychologie, 1994 Dissertation bei Professor Dr. Max Liedtke an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen/Nürnberg zum Thema „Umwelterziehung und Kultur", Bad Heilbrunn 1995.
Nach der Promotion in der Lehrerbildung tätig, seit 1995 am Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Dr. rer. soc. oec. Reinhold Priewasser, Jahrgang 1955, ist Assistenzprofessor am Forschungs- und Studienschwerpunkt Umweltmanagement der Abteilung Ökologie und Politik an der Universität Linz, Sozio-Ökonom und Umweltwissenschafter, Experte für Umweltfragen der Energienutzung und in den letzten Jahren schwerpunktmäßig mit Fragen der ökologischen Bewertung von Energieträgern und Energiesystemen befaßt. Er ist Autor mehrerer Monographien und zahlreicher Beiträge zu den Themenbereichen umweltverträgliche Energienutzung sowie Landwirtschaft und Umwelt.

Herausgeber, Eigentümer und Verleger: Verein für Ökologie und Umweltforschung, 1090 Wien, Glasergasse 20/4.
Hersteller: Offsetdruck und Buchdruck: F. Csöngei Gesellschaft m.b.H., 1120 Wien, Schönbrunner Straße 184.
Erscheinungsjahr 1996

© Verein für Ökologie und Umweltforschung, download unter www.zobodat.at

INHALT

1. **Ökobilanzen für Unternehmen – Stand, Anwendung und Perspektiven**
von Prof. Dr. Stahlmann 5

2. **Kulturintegrierende Umwelterziehung**
von Dr. Heidemarie Glöckner 21

3. **Ökobilanzen als Instrument des Umweltmanagements** 37
von Ass. Prof. Dr. Reinhold Priewasser

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
Prof. Dr. Volker Stahlmann

Ökobilanzen für Unternehmen – Stand, Anwendung und Perspektiven

1. Zum gegenwärtige Stand der Diskussion

Über den Begriff „Ökobilanz" gibt es trotz seiner Geschichte von etwa 10 Jahren noch immer etliche Verwirrung. Für „Nicht-Insider" wird zunächst der Eindruck erweckt, als könnte man hiermit die „ökologische Effizienz" oder den „Fortschritt der Umweltentlastung" nach festen Regeln der Bilanzaufstellung und -bewertung (ähnlich der Jahresabschlußbilanz) ermitteln. Dieser Eindruck trügt und es wäre auch höchst verwunderlich, wenn für eine ökologische Unternehmensführung ein Rechnungswesen mit Bilanzierungs- und Bewertungsrichtlinien im Zeitraffertempo entstehen könnte, wofür das finanzielle Rechnungswesen seit Luca Pacioli (1494) immerhin 500 Jahre gebraucht hat.
Es ist einerseits unübersehbar, daß sich immer mehr feste Regeln herausbilden, trotzdem stehen ökologische Bilanzierungen noch zurecht in einer Experimentierphase mit einer breiten und uneinheitlichen Methodik und Darstellungsweise[1] Dies ist verständlich, denn – unabhängig von verschiedenen Strömungen der ökologischen Betriebswirtschaftslehre – sind allein die Ansprüche von Unternehmern an eine ökologische Wirtschaftsweise und an den damit verbundenen Kurswechsel des eigenen Unternehmens höchst unterschiedlich und damit auch die Ansprüche an eine ökologische Bilanzierung.

Was soll generell eine Ökobilanz zum Ausdruck bringen und erreichen?
Allgemein gesagt untersucht man mit ihrer Hilfe sowohl *anthropogen* erzeugte Gegenstände (z. B. Erzeugnisse, Verpackungen, maschinelle Anlagen), als auch Vorgänge (z. B. Transporte, Arbeitsprozesse) oder komplette Institutionen (Betriebe, Behörden, Akademien, Hochschulen etc.) auf ihre (hauptsächlich negativen) Auswirkungen auf die belebte und unbelebte Natur, einschließlich möglicher Rückkoppelungseffekte auf den Menschen. Das Ziel ist, diese Umweltbelastungen (glaubwürdig belegbar) abzubauen.
Die derzeit erstellten Ökobilanzen konzentrieren sich in erster Linie auf *Produkte* (und da etwa zu 40% auf Verpackungen)[2], in zunehmendem Maße aber auch auf *Fertigungsprozesse* und *gesamte Unternehmen.* Die feststellbare Tendenz zu umfassenden ökologischen Schwachstellenanalyse in Unternehmen wird ja nicht zuletzt einen maßgeblichen Anschub durch die 1993 von der EG-Kommission erlassenen Öko-Audit-Verordnung erhalten.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Als *ökologisch relevante Auswirkungen* werden in Ökobilanzen hauptsächlich analysiert

- die verbrauchten Rohstoffe und Energien für Gewinnung, Herstellung, Transport, Konsumphase, Entsorgung bzw. Recycling
- die während der Herstellung oder auf der gesamten Produktlinie entstehenden stofflichen oder nichtstofflichen Emissionen
- die ökologische Giftigkeit (öko-Toxizität) bzw. Humantoxizität der Inhaltstoffe
- die Bedeutung der mit dem Produkt bzw. seinen Transformationsprozessen verbundenen Emissionen für den Treibhauseffekt, das Ozonloch, das Waldsterben u.ä.

Die Aussagekraft einzelner Ökobilanzen steigt in der Regel mit einer Ausweitung der *Bilanzgrenzen* (Breite der Untersuchung: Bilanzierungsraum, Bezugsjahre) und der *Systemgrenzen* (Tiefe der Untersuchung: Auswahl der Umwelteinwirkungen, ökologische Bewertungskriterien). Allerdings kann damit auch eine größere Unübersichtlichkeit verbunden sein, sowie ein finanzieller Aufwand, der in keinem Verhältnis mehr zu dem damit erreichten Umweltentlastungseffekt steht. Dieses Problem stellt sich v.a. bei Produktlinienuntersuchungen, die konsequenterweise alle Verästelungen der Vorstufen erfassen müßten[3]

Entscheidet sich ein Unternehmen für die Aufstellung von Ökobilanzen und tritt mit diesen in die Öffentlichkeit, müssen in jedem Falle *Grundsätze* eingehalten werden, die auch *jeglicher finanziellen Bilanzierung* zugrundeliegen, nämlich:

- *Klarheit und Übersichtlichkeit* (die interessierte Öffentlichkeit muß sich in angemessener Zeit einen Überblick über Ursachen und Wirkung von Umweltbelastungen eines Produktes, Unternehmens etc. verschaffen können. Methoden der Bewertung und der Untersuchungsumfang müssen transparent sein).
- *Kontinuität und Vergleichbarkeit* (die einmal gewählte Form der Darstellung und die Bewertungsmethode ist beizubehalten; einzelne Bilanzierungspositionen sollten von Jahr zu Jahr vergleichbar sein).
- *Wahrheit* (vollständige und richtige Erfassung der Umwelteinwirkungen; Umweltprobleme dürfen nicht verschleiert werden).

Da der Begriff „Öko-Bilanz" in der Praxis sehr uneinheitlich verwendet wird, erscheint eine *Standardisierung* der Inhalte und Untersuchungsmethoden angebracht. Diese Aufgabe hat sich in Deutschland insbesondere das Umweltbundesamt (Berlin) gestellt. Zur Kennzeichnung der „relativen" Umweltfreundlichkeit von Produkten („eco-labelling") werden bereits standardisierte Prüfschemata vorgeschrieben. Von verschiedenen europäischen Ländern werden zur Zeit für einzelne Produktgruppen „life cycle assessments" erarbeitet[4]. Das Umweltbundesamt selbst steht in enger Verbindung zum „Normenausschuß Grundlagen des Umweltschutz"

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
im DIN (NAGUS), um allgemeine Methoden zur Aufstellung, Darstellung und Bewertung von Ökobilanzen für Produkte zu entwickeln und hat dementsprechend ein Zehn-Punkte-Programm zur Fortentwicklung der Ökobilanzen formuliert[5] Ansätze zur Standardisierung einer gesamten Unternehmens-Ökobilanz werden in dem vom Umweltbundesamt im Juni 1995 herausgegebenenen Handbuch „Umwelt-Controlling"[6] aufgezeigt. Angesichts der im Juni 1993 verabschiedeten EG-Öko-Audit-Verordnung erscheinen Richtlinien für eine Unternehmens-Ökobilanz wichtig, da eine Validierung der Umwelterklärung und Beurteilung der Effizienz des Umweltsystems durch externe Gutachter vergleichbare Untersuchungsumfänge und -intensitäten voraussetzen sollte. Hier sind auch weitere Festlegungen über die ISO 14000ff. bzw. über Leitfäden der Landes-Umweltministerien zu erwarten[7]

2. Anwendung von Unternehmens-Ökobilanzen

Je nach Umweltbewußtsein der Geschäftsleitung, Betriebsgröße, Branche, Ressourcenstärken und -schwächen, sind für Unternehmen mittlerweile unterschiedlich umfangreiche Unternehmens-Ökobilanzen erstellt worden. Ähnlich den Geschäftsberichten, die regelmäßig eine Abschlußbilanz enthalten, werden Ökobilanzen oft in Umweltberichte eingefügt. (Davon existieren in der BRD derzeit ca. 60). Denkbar wäre auch eine Verbindung von Umwelt- und Geschäftsbericht, wie es bspw. die AEG-Hausgeräte AG mit ihrem Geschäftsbericht 1993 erprobt hat[8]
Allen Ökobilanzen gemeinsam ist die Aufstellung von *Sachbilanzen,* in denen Stoff- und Energieströme bzw. Vermögensgegenstände (Inventar) in physikalischen Einheiten (t, l, cbm, kWh, m) periodenbezogen gemessen, auf ihre Umweltwirkungen überprüft und anschließend kommentiert werden. Der Bilanzgedanke im Sinne eines Gleichgewichts (ital. bilancio) tritt dabei am deutlichsten in den zentral wichtigen Input/Output-Analysen zutage, die entweder für einen gesamten Betrieb oder einzelne Prozesse entwickelt werden: Nach dem 1. Thermodynamischen Gesetz muß bei allen Umwandlungsprozessen der Input an Stoffen und Energie im Output (Haupt- und Nebenprodukte, Emissionen) nachweisbar sein. Umweltprobleme entstehen ja durch Entropiezunahme bzw. Umwandlungsverluste (z. B. in Form von Abfällen, Abwärme als unerwünschte Kuppelprodukte), die in Input-Output-Tabellen sichtbar gemacht werden sollen. Darüberhinaus ist natürlich auch das ökologische Risikopotential von Verfahren, Stoffen oder Stoffverbindungen sowie die Erschöpfbarkeit der Ressourcen von Bedeutung, weshalb eben auch eine genaue Spezifizierung aller Inhaltstoffe erforderlich ist. Dazu werden Input-Output-Tabellen oft in mehrere Aggregationsebenen unterteilt.

Der weitgehende (und seit 1987 in verschiedenen Praxisprojekten erprobten) Ansatz des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung Berlin (IÖW) sieht für eine *Unternehmens-Ökobilanz* mindestens 4 Teilbilanzen vor:

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

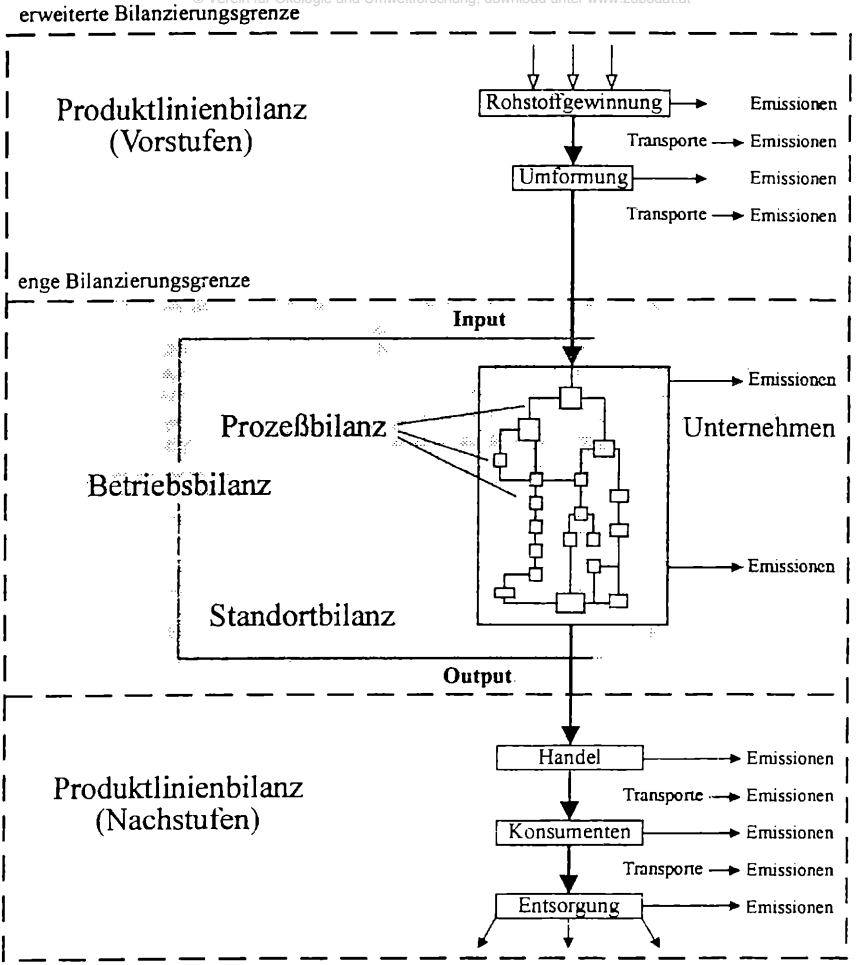


Abb. 1: Untersuchungsumfang der Ökobilanz

1) die *Betriebsbilanz*
   (genaue quantitative und qualitative Erfassung der Input- und Outputströme des Betriebs, der seinerseits als „black box" verstanden wird)
2) die *Prozeßbilanz*
   (Erfassung der Input/Outputströme nach einzelnen Fertigungsschritten)
3) die *Produktlinienbilanz*
   (Verfolgung der Stoffströme auf den Vor- und Nachstufen der Produktion)
4) *Standortbilanz*
   (Erfassung sonstiger umweltrelevanter Größen/Aktivitäten im Standortbereich)

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Um anhand von Schwachstellenanalysen *Prioritäten* feststellen zu können, kommt man an der *Bewertungsfrage* nicht herum. Eine Bewertung findet ja bereits mit der Auswahl der Untersuchungsobjekte für die Bestandsaufnahme statt und ist mit der Erfahrung und dem Kenntnisstand der Bearbeiter oft eng verbunden, d. h. die Sachbilanz verbindet sich bereits in der Phase der Datenerfassung häufig unausgesprochen mit der Selektion relevant erscheinender Umweltwirkungen und mit einer ersten Grobbewertung. Bereits bei der Diskussion über die Systemgrenzen (die in einer Projektgruppe zu Beginn der Aufstellung von Ökobilanzen stattfinden sollte) sollten aber die relevanten Umweltwirkungen definiert werden. Sonst geschieht in der Regel eine ad hoc Auswahl von Umweltkriterien, die womöglich nur der aktuellen Umweltdiskussion in den Medien Folge leistet. Diese Gefahr besteht v.a. bei Checklisten-Analysen, obwohl auch hier punktuell präzise Recherchen z. B. zur Ökotoxizität oder Vorstufenbelastung eines verdächtigen Stoffes oder Analysen des Energiewirkungsgrades einzelner Maschinen durchgeführt werden können.
In jedem Falle empfiehlt sich eine *systematische Bewertungsmethode,* die über Jahre hinweg beibehalten wird und die der Komplexität, Dynamik und oft mangelnden Quantifizierbarkeit von Umweltinformationen gerecht wird. Im wesentlichen gibt es 4 Gruppen von Bewertungsmethoden:

- *verbal argumentativ*
  Kommentare zu Sachbilanzen, check up von Anlagen und von technischen Ausrüstungen (z. B. KUNERT AG, Swissair, Landesgirokasse Stuttgart, Neckermann, GRUNDIG, BOSCH-SIEMENS-Hausgeräte GmbH)
- *monetarisierend*
  Erfassung der internalisierten Umweltkosten bzw. der vermiedenen externen Kosten (net value lost-Rechnung) (z. B. BSO/ORIGIN, Niederlande)
- *numerisch-quantifizierend naturwissenschaftlich*
  Methode der „kritischen Belastung" (Luft, Wasser, Boden) oder Gewichtung der Umweltbelastung innerhalb einzelner Wirkungskategorien (Treibhauseffekt, Ozongefährdung, Eutrophierung etc.) Ökologische Buchhaltung/Ökofaktoren („One-Index-Methode") (Aufstellung von Produktbilanzen z. B. bei MIGROS, Oetker oder von Unternehmens-Ökobilanzen bei den Schweizer Firmen: GEBERIT, BAER-Weichkäserei, IOWA AG)
- *relativ abstufend*
  Nutzwertanalysen, ABC-/XYZ-Methode (z. B. Neumarkter Lammsbräu, Staatl. Mineralbrunnen Bad Brückenau, Siegsdorfer Petrusquelle, Hofpfisterei, Bischof & Klein, Wilkhahn, Kaldewei, NORDENIA, Günther, Armstrong-Industries).

Mit der ABC-/XYZ-Methode haben wir eine komplette Ökobilanz bei der *Neumarkter Lammsbräu* 1991 bewertet. Das war und ist eine Pionierleistung, die auch zu verschiedenen Umweltpreisen geführt hat (z. B. Ökomanager Capital, Impulse,

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Bayerische Umweltmedaille des Bund Naturschutz) und woraus ein EDV-gestütztes Öko-Controlling entstanden ist, das in diesem Umfang und in Detaillierungsgrad wohl einmalig ist. Die Öko-Controlling-Berichte 1993 und 1994 sind dafür auch in einem Öko-Ranking nach anspruchsvollen Kriterien eines Forschungsprojektes des Umweltministeriums in Nordrhein-Westfalen als beste ausgezeichnet worden[9]

In groben Umrissen lassen sich die 4 Teilbilanzen für eine Brauerei wie folgt darstellen:

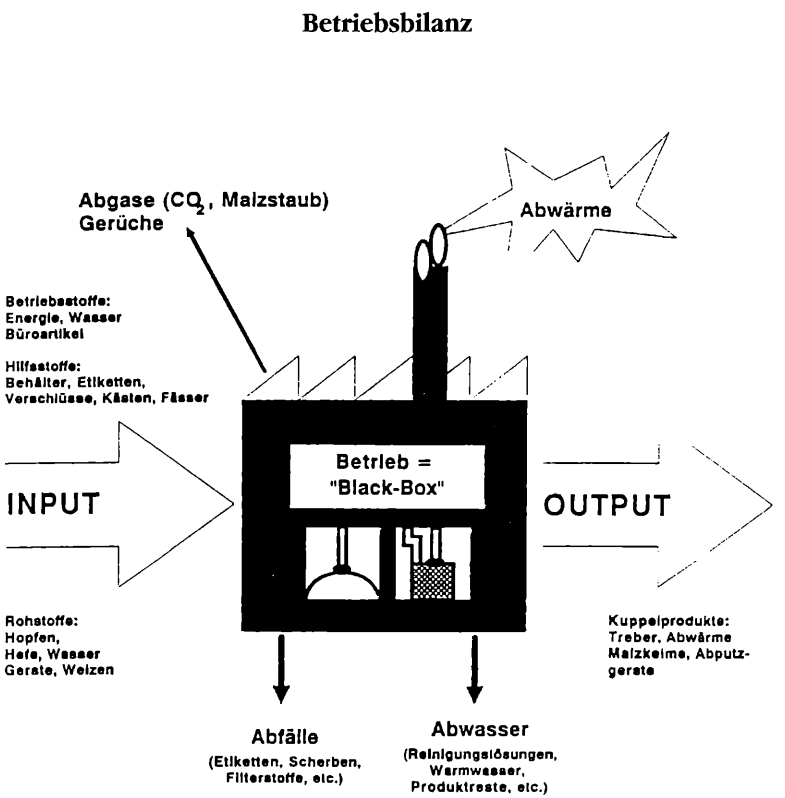
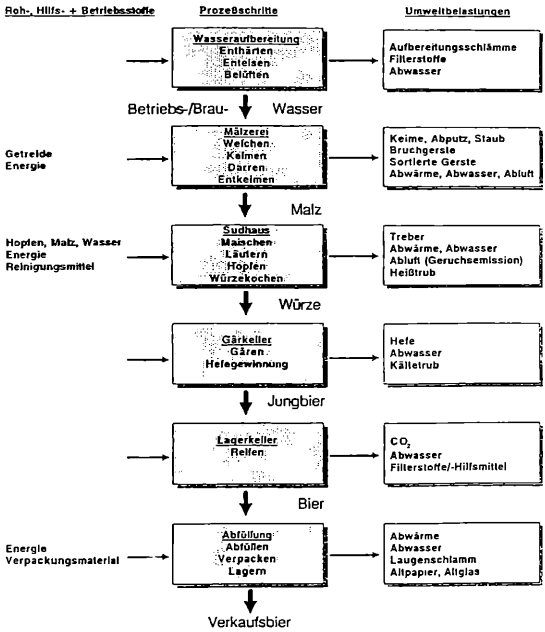


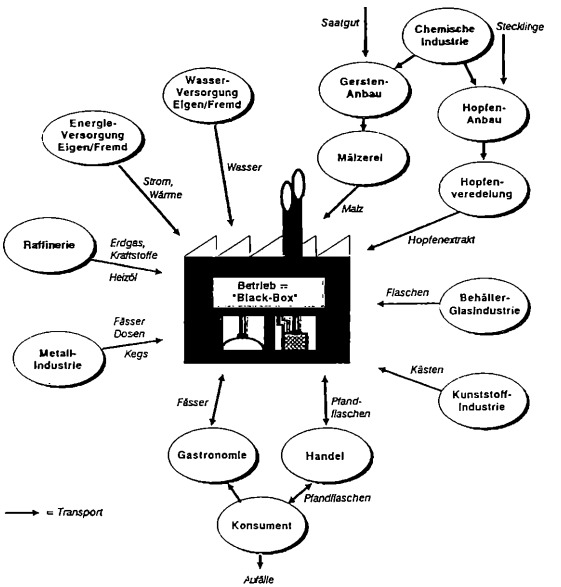
Abb. 2: Teilbilanzen einer Unternehmens-Ökobilanz am Beispiel einer Brauerei.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Prozeßbilanz



Produktlinienbilanz



© Verein für Ökologie und Umweltforschung, download unter www.zobodat.at

Standortbilanz

* **Büromaterial/-Ausstattung**
  Büromaterialien, Büromobiliar, Bürogeräte

* **Gebäudereinigung**
  Reinigungsmittel

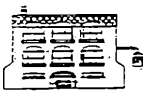
* **Betriebswerkstätten**
  KFZ-Werkstatt, Schreinerei, Schlosserei

* **Lagerwesen**
  Produktionslager, Betriebsstofflager

* **Fuhrpark und Verkehr**
  LKW, PKW, sonstige Transportmittel,
  Tourenoptimierung

* **Flächennutzung und Begrünung**
  Flächenversiegelung, Grünanlagen, Dachbegrünung

* **Altlasten**



* **Gebäudesubstanz und Fabrikanlagen**
  Baustoffe, Energieanlagen

* **Abfallwirtschaft**
  Getrenntsammlung (Wertstoffhof), Recycling

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

ABC-/XYZ-Bewertungsraster

ABC 1 Umweltrechtliche/-politische Anforderungen („Ökologie push")

A1 = gesetzliche Grenzwerte für Emissionen werden überschritten, Vorschriften der Lagerung bzw. Anlagensicherung mißachtet, verbotene Stoffe eingesetzt/produziert.

B1 = Handlungszwang durch zu erwartende Gesetzesverschärfungen, bestehende Richtlinien, „gentleman agreements"

C1 = gesetzliche Regelungen/VO, Richtlinien werden eingehalten bzw. sind nicht vorhanden.

ABC 2 Gesellschaftliche Akzeptanz („Ökologie-Pull")

A2 = Stoff/Verfahren steht unter nachhaltiger Kritik (von Medien, Betriebsgruppen, Umweltinstituten, wichtigen Runden etc.).

B2 = Umweltbundesamt bzw. neutrale Institute warnen vor Verharmlosung und fordern schärfere Bestimungen, mangelhafte Akzeptanz.

C2 = keine öffentliche Kritik bekannt.

ABC 3 Gefährdungs-/Störfallpotential (nach Umweltmedien Boden, Luft, Wasser)

A3 = GefStoffVO: sehr giftig, giftig, radioaktiv, explosibel, hochentzündlich, krebserzeugend, fruchtschädigend, ätzend, WGK 3, überwachungsbedürftige Abfälle, Emissionen mit hoher Ökotoxizität.

B3 = mindergiftig, krebserregend, brandfördernd, reizend, WGK 2 Emissionen mit mittlere Ökotoxizität.

C3 = Als gefährlicher, umweltkritischer Stoff nicht bekannt.

ABC 4 Internalisierte Umweltkosten/Produktivitätsverluste (z. B. Entsorgungskosten, Kontrollaufwand, Abschreibungen auf E-O-P-Technik, Abwasser-, Material-, Energieverluste)

A4 = Aufwand, Verluste hoch

B4 = Aufwand, Verluste mittel

C4 = Aufwand, Verluste gering

ABC 5 Negative externe Effekte (Produktlinienanalyse) (Belastung von Boden, Luft, Wasser, Arten, Biozönosen vor und nach der eigenen Produktion)

A5 = Stoff, der auf Vor- und Nachstufen zu Umweltbelastungen führt.

B5 = Umweltbelastung in Teilbereichen der Stofflogistik.

C5 = keine/kaum Umweltbelastungen feststellbar.

ABC 6 Erschöpfung nichtregenerativer/regenerativer Reserven

A6 = Primärrohstoff kurzfristig erschöpft (RW < 30 Jahre), kein Recyclat, Mißachtung des Nachhaltigkeitsprinzips und der artgerechten Tierhaltung.

B6 = Primärrohstoff mittelfristig erschöpft (RW 30 – 100 Jahre) Stoff/Teil wieder-/weiterverwertet, Anbau aus Monokulturen.

C6 = Primärrohstoff langfristig verfügbar (RW > 100 Jahre) Stoff/Teil wieder-/weiterverwendet.

XYZ-Abstufung des Einsatzvolumens (t, m, cbm, Betriebsstunden)

X = hohes- Y = mittleres- Z = niedriges Einsatzvolumen

Abb. 3: ABC-/XYZ-Standard Bewertungsraster[10]

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Das Standardraster der angewandten Umweltkriterien für die relativ abstufende ABC-/XYZ-Bewertung zeigt Abbildung 3.

Aus den einzelnen bewerteten Teilbilanzen lassen sich für homogene Untersuchungsgruppen Prioritäten in absteigender Rangfolge sortieren.

IdentNummer	Bezeichnung	ABC-Schlüsselung	ABC-Häufigkeiten
BB-I-BE-RD014	Natronbleichlauge, Natriumhypochlorit, Hoechst (Frankfurt)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD024	Kellerbodenreiniger, Wigol (Worms)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312,
BB-I-BE-RD041	P3 Horolith flüssig; Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD043	P3 Trimeta Cid Spezial, Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD044	P3 N 421 Tank Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD046	P3 flüssig 141, Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD047	P3 flüssig spezial; Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312,
BB-I-BE-RD048	P3 Horolith V Keg, Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 A3 C4 A5 C6	(312, Z)
BB-I-BE-RD015	Salzsäure 37%	B1 A2 A3 C4 B5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD016	Formalin, Formaldehyd 30%	B1 A2 A3 C4 B5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD023	Hydrosan (Peroxyessigsäure) Wigol (Worms)	B1 B2 A3 C4 A5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD027	Kesselsteinlöser, Staub Nürnberg	B1 A2 A3 C4 B5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD029	CFG Lauge, BelloZon, ProMinent (Heidelberg)	B1 A2 B3 C4 A5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD042	P3 Oxonia aktiv, Henkel (Düsseldorf)	B1 B2 A3 C4 A5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD045	P3 VR 1250-16, Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 B3 C4 A5 C6	(222, Z)
BB-I-BE-RD049	P3 Oxonet; Henkel (Düsseldorf)	B1 A2 B3 C4 A5 C6	(222,
BB-I-BE-RD018	Natronlauge 45%	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, X)
BB-I-BE-RD020	Schwefelsäure 96%	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD021	Schwefelsäure 38%	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD026	Herli Ex B 30, Feldmann Inning	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD030	CFG Säure, BelloZon, ProMinent (Heidelberg)	B1 A2 B3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD040	P3 Horolith Keg, Henkel (Düsseldorf)	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD053	Kettengleitmittel Kettolub, Tensid-Chemie (Muggensturm)	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-BE-RD054	Kalilauge 45%, Staub (Nürnberg)	B1 B2 A3 C4 B5 C6	(132, Z)
BB-I-RO-Gr001	Zucker, 72.7, Südzucker (Ochsenfurt)	C1 A2 B3 C4 B5 B6	(132,

Tab. 1: Prioritätenrangfolge Betriebsstoffe Input (Beispiel: Neumarkter Lammsbräu 1991)

Daraus abgeleitet und ergänzt durch betriebswirtschaftliche Erwägungen (z. B. Stärken-Schwächen-Analysen, Finanzierungsspielräume, Kosten-Erlös-Effekte) entsteht ein Maßnahmenkatalog mit konkreten Planungen und laufenden Kontrollen, einer jährlichen Fortschreibung der Sachbilanzen und einer Aktualisierung der Bewer-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

tung. Das führt zu einem *Öko-Controlling,* welches als dynamischer, rollierender Prozeß die Öko-Effizienz und Öko-Effektivität[11] eines Unternehmens stetig und nachweisbar verbessern soll. Ähnlich einer Spirale schraubt das Öko-Controlling das Unternehmen von Jahr zu Jahr zu anspruchsvolleren Umweltzielen höher. Letztlich sollte dies auch der Kerngedanke des EG-Öko-Audit sein und nicht die Dokumentation von Meßergebnissen, Arbeitsanweisungen und die formale und technische Absicherung von Risiken mit einer Konservierung des status quo[12]

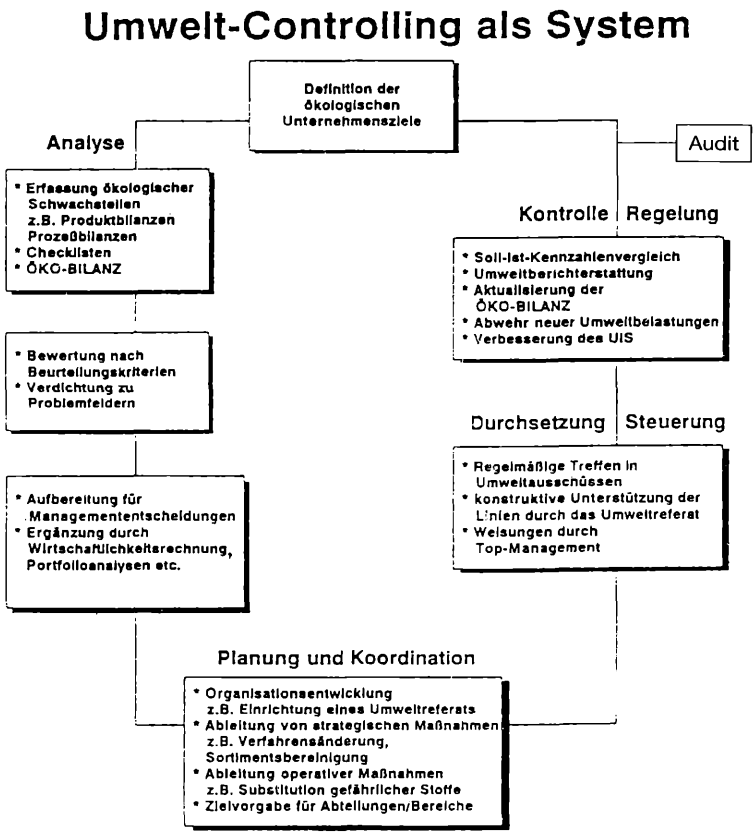


Abb. 4: Öko-Controlling als System

Die *Resultate* derjenigen Unternehmen, die sich mit Ökobilanzen befassen, sind durchwegs positiv. Bindet man über eine dezentrale Umweltorganisation möglichst frühzeitig (also am Beginn des Ökobilanzprojekts) viele Umweltverantwortliche in

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
die Bestandsaufnahme, Planung und Kontrolle ein und rundet das Ganze ab mit einem offensiven Umweltmanagementsystem (Einbindung von Projektpromotoren der Linien: z. B. Marketing, Materialwirtschaft, F & E)(Lieferantenkooperationen), so kann damit ein *Lernprozeß* in Gang gesetzt werden, der fast spielerisch, jedenfalls erfahrungsgemäß mit viel Motivation und Einsatzbereitschaft Ökonomie und Ökologie zum Ausgleich bringen kann. (vgl. Abb. 6) Die Einspareffekte bleiben nicht aus: Etwa 20% können im Energie- und Rohstoffbereich erwartet werden bzw. 1% Kosteneinsparung gemessen am Umsatz, ganz zu schweigen von innovativen Auswirkungen auf die Produktpalette und auf Verfahren sowie schließlich auch Imageverbesserungen. Gerade in Rezessionszeiten blieben Unternehmen wie die Neumarkter Lammsbräu, die Hofpfisterei, AEG Hausgeräte, Wilkhahn, Hess Natur in hart umkämpften Märkten auf Erfolgskurs.

3. Ausblick

Ökobilanzen sind (zusammen mit einer ökologischen Differenzierung und Erweiterung des betrieblichen Rechnungswesens und der Aufstellung von Umweltkennzahlen) eine zentrale Informationsbasis eines Umweltmanagementsystems, das mithilfe des führungsunterstützenden Öko-Controlling Schritt für Schritt entwickelt werden kann.

Ökobilanzen stärken somit die Erfolgspotentiale und mindern die Risikofaktoren eines Unternehmens ganz entscheidend, so daß primär aus Eigeninteresse Schwachstellenanalysen aufgestellt werden sollten. Teilweise läßt sich dies an ein *Qualitätsmanagementsystem* (nach ISO 9000ff.) anbinden (z. B. die Warenflußkontrolle an die Prozeßbilanz). Die Unterschiede sind allerdings nicht zu verkennen. Sie bestehen z. B. darin, daß Ökobilanzen nicht nur Produkte, sondern den gesamten Standort sowie die mit der Produktion direkt und indirekt verbundenen Umweltwirkungen (z. B. Verkehrsströme) untersuchen. Umweltmanagementsysteme müssen außerdem viel stärker die Gesetzgebung beachten, als privatwirtschaftliche Standards und Vereinbarungen, betriebsinterne Normen etc. und sind auf eine dialogische Kommunikation mit verschiedenen gesellschaftlichen Anspruchsgruppen angewiesen. Nicht zuletzt wird der Qualitätsbegriff durch ökologische Restriktionen einen neuen Inhalt erhalten müssen, so daß Qualitäts- und Umweltmanagement in eine konstruktive Auseinandersetzung über ein funktions- und marktgerechtes *Öko-Design* von Produkten treten müssen. Auch hierfür bilden Produkt-Ökobilanzen wieder eine maßgebliche Entscheidungsgrundlage.
Ökologische Schwachstellenanalysen werden aber zunehmend durch „freiwilligen Zwang", der letztlich durch die *EG-Öko-Audit Verordnung* hervorgerufen wird, unverzichtbar werden. Es ist abzusehen, daß – ähnlich der Wirtschaftsprüfung – in Zukunft auch eine Umweltbetriebsprüfung Pflicht werden wird. Das Umweltzertifi-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Umweltmanagementsystem

Umweltpolitik/-leitsätze

↕

Umweltcontrolling

Umweltschwachstellen analysieren (Öko-Bilanz),

Umweltprogramm aufstellen,

Verantwortlichkeiten festlegen

Umweltinformationssystem aufbauen,

Durchführung kontrollieren,

Umweltziele anpassen,

Umweltorganisation entwickeln

Audits durchführen

↔

Managementfunktionen
ökologisch orientieren

Planung
strategisch/operativ
Kontrolle
Organisation
Personal
Führung

Sachfunktionen
ökologisch orientieren

Marketing
Produktion
Materialwirtschaft
Rechnungswesen
Personalwesen
Öffentlichkeitsarbeit
Finanzierung

↕ ↕

Ökologische Optimierung der Wertkette

Abb. 5: Umweltmanagementsystem

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

kat wird allerdings noch wenig darüber aussagen, wie umweltfreundlich die Produkte sind oder wie intensiv und anspruchsvoll (etwa im Sinne des sustainability-Gedankens) die Unternehmensziele gesetzt werden. Im einfachsten Falle werden mehr oder weniger „compliance audits"[12] durchgeführt (werden Gesetze, Vorschriften, betriebsinterne Anweisungen dokumentiert und eingehalten?); im besten Falle ergeben sich aus umfangreichen Ökobilanzen strategische Zielsetzungen für eine langfristig tragfähige Unternehmensentwicklung, für eine Neugewichtung der Geschäftsfelder und Produktgruppen, die über eine effiziente Umweltorganisation und Personalentwicklung stufenweise mit nachweisbaren Umweltentlastungseffekten umgesetzt wird. Dies ist eben die *weitergefaßte Aufgabenstellung des Öko-Controlling,* welche durch das Audit, die externe Revision eines neutralen Gutachters letztlich in offizieller Weise nach außen zu dokumentieren wäre.

Durch die Aufstellung und Fortschreibung von Ökobilanzen im Rahmen des Öko-Controlling wird aber noch etwas anderes wesentliches erreicht: nämlich daß damit *„Knappheiten"* und *„gesellschaftliche Bedürfnisse"* über den Marktmechanismus und die Preise hinaus interdisziplinär und diskursiv ermittelbar werden. Wenn neben den Mitarbeitern und Kapitalgebern (shareholder) andere wichtige Anspruchsgruppen *(stakeholder)* des Unternehmens in den *kritischen Dialog des Umweltlernens* eingebunden werden, können *Ökobilanzen* und ein daraus entstehendes *Öko-Controlling* eine innovative, konfliktmindernde, langfristig tragfähige Entwicklung eines Unternehmens fördern. Diesen Selbstregulierungsmechanismus

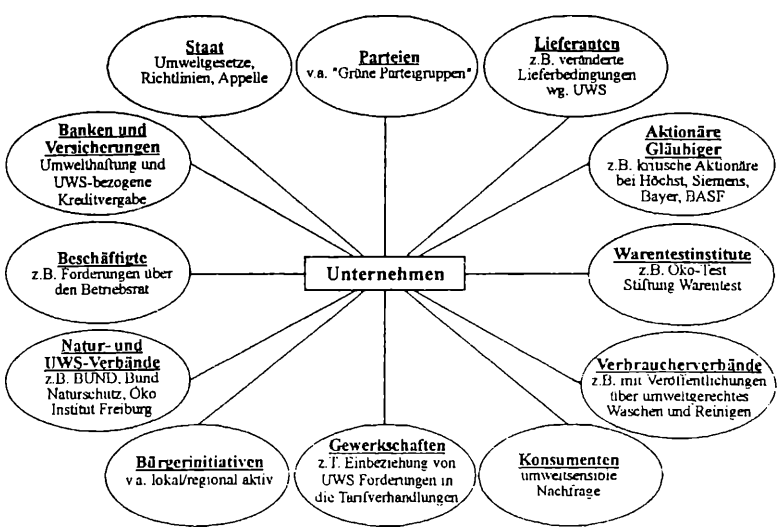


Abb. 6: Ökologierelevante „stakeholder"

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
betonen speziell die Öko-Controlling-Berichte 1994 der Neumarkter Lammsbräu und der KUNERT-AG. Nebenbei gesagt hätte auch die Shell AG mit einer ökologischen Bilanzierung und einer multidimensionalen Bewertung seiner off-shore Bohrplattformen und nigerianischer Ölfelder ökonomisch dazulernen und Millionen Umsatzverluste und Imageeinbußen ersparen können. Gerade Großunternehmen sind eben „quasi öffentliche Institutionen"[13] und kommen an der Auseinandersetzung mit dem, was (über alle kurzfristige Erfolgsverpflichtung hinaus) von der Gesellschaft als Wünschenswert erachtet wird, nicht mehr herum.

Mit der eigenverantwortlichen Aufstellung von Ökobilanzen und einer symmetrischen Kommunikation mit ökologisch sensiblen Anspruchsgruppen verschiedenster Art kann allerdings kein Verzicht auf das Setzen *neuer volkswirtschaftlicher Rahmenbedingungen* verbunden sein! Es ist aber interessant und spannend mit anzusehen, wie sich durch das systematische Ausloten von ökologischen Schwachstellen eine *Erneuerung* (und letztlich *Wiedergeburt*) *von Ökonomie* abzeichnet im Sinne des haushälterischen verantwortungsvollen Umgangs mit der Materie und einer kritischen, fundamental bedürfnisorientierten Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen der Gütererstellung über rein formal geldökonomische Bewertungen und Codes des Zahlens oder Nichtzahlens hinaus. Die Lebenszusammenhänge der Natur, die physischen Grundlagen werden in ihrer Bedeutung für jegliches Wirtschaften neu wahrgenommen und bewertet. Sichtbar werden politisch bewußt oder unbewußt verzerrte Strukturen der Faktorpreise (hohe Arbeitskosten/ niedrige Energiekosten), höchst mangelhafte Zurechnungen von Wertverlusten natürlichen Reichtums in das betriebliche Rechnungswesen, die Kurzsichtigkeit der Marktpreissignale mit den im wesentlichen zum Ausdruck gebrachten *relativen Knappheiten,* wie sie eben durch momentane Angebots- und Nachfrageverhältnisse entstehen ohne Berücksichtigung der langfristig physisch begrenzten Ressourcenverfügbarkeit und Aufnahmekapazität der Umweltmedien.
Lernprozesse aus Ökobilanzen bewirken nicht nur eine stärkere Selbstverpflichtung des Unternehmens zum konsequenten Abbau von Umweltbelastungen, sondern *steigern dann auch aus einzelwirtschaftlicher Sicht das Verlangen nach einer konsequent ökologischen Wirtschaftspolitik.* Das beste Beispiel hierfür ist eine im Dezember 1994 in mehreren Zeitungsanzeigen der Bundesrepublik demonstrierte „große Koalition" zwischen umweltverantwortlichen deutschen Unternehmen (z. B. AEG-Hausgeräte, Sedus-Stoll, Steilmann, Frosch, Wilkhahn) mit dem BUND *für eine ökologische Steuerreform.*
Damit wird nur die Logik fortgesetzt, die sich aus einem nicht nur operativ wirksamen Öko-Controlling ergibt, sondern auch aus einer strategisch ambitiösen ökologischen Unternehmenspolitik. Wer auf ökologischen Landbau setzt, Abfälle vermeidet, Energiespartechniken entwickelt und Recylate einsetzt *gewinnt* Wettbewerbs-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

vorteile mit einem relativen Anstieg der Preise für nichtnachwachsende Energie und Rohstoffe, *gewinnt* mit steigenden Abfallgebühren und sinkenden Arbeitskosten. Hier schließt sich dann der Kreis zwischen betrieblicher und volkswirtschaftlicher Umweltpolitik; denn Unternehmen, die Vorleistungen erbracht haben für einen umweltentlastenden Kurswechsel, machen ihr Interesse daran geltend, daß diese Investitionen auch rentabel sind und verlangen (mit U. v. Weizsäcker), daß die Preise endlich auch (mehr) die ökologische Wahrheit sprechen.

1 Eine recht gute Übersicht über Unternehmens-Ökobilanzen vermittelt Böhning, J. A., Methoden betrieblicher Ökobilanzierung, Marburg 1994.
2 Vgl. Rubik, F., Die Anwendung von Produktbilanzen, in: IÖW-Informationsdienst 1/94, S. 5.
3 Durch vertikale Kooperationen (z. B. im Textilbereich zwischen den Firmen Steilmann und Günther) oder durch vertikale Konzentration und Schließen der Wertschöpfungskette als umweltstrategische Zielsetzung (z. B. innerhalb der Firmen Hofpfisterei und Neumarkter Lammsbräu) können solche Informationslücken leichter geschlossen werden.
4 Am 28. Juni 1993 wurden von der Kommission der EG die Kriterien für die ersten beiden Produktgruppen – Waschmaschinen und Geschirrspüler – verabschiedet. Dafür kann nun das EG-Umweltzeichen beantragt werden.
5 Vgl. Umweltbundesamt, Ökobilanzen für Produkte, Texte 38/92, Berlin 1992, S. 65 sowie Rubik, F., Ökologische Produktpolitik, 1994.
6 Vgl. BMU/Umweltbundesamt, Handbuch Umweltcontrolling, München 1995.
7 Vgl. z. B. BayStMLU, Leitfaden EG-Öko-Audit, München 1995.
8 Der Geschäftsbericht 1993 wird mit einem originellen Layout in der Hälfte geteilt. Auf der linken Seite wird über die finanzielle „Wertschöpfung", auf der rechten Seite (ansatzweise) über die Inanspruchnahme des originären „Schöpfungswertes" berichtet (vgl. AEG-Hausgeräte, Geschäftsbericht 1993, Nürnberg 1994).
9 Vgl. Fichter, K., Clausen, J., Wissenschaftlicher Endbericht zum Projekt Umweltberichterstattung, IÖW-Publikation, Berlin 1994, sowie Capital, Nr. 5 1996, S 78 ff.
10 Vgl. dazu im einzelnen Stahlmann, V., Umweltverantwortliche Unternehmensführung, Aufbau und Nutzen eines Öko-Controlling, München 1994, S. 185ff.
11 Mit der Öko-Effizienz betrachtet ein Unternehmen in erster Linie das relative Wirkungsverhältnis zwischen Output und Input bei Produkten, Verfahren oder für den gesamten Betrieb, also z. B. spezifischer Energieverbauch, Nettoproduktionswert oder Abfallwirtschaftskosten/Gesamtkosten. Die Öko-Effektivität dagegen beurteilt, inwieweit ein Unternehmen insgesamt strategischen ökologischen Zielsetzungen etwa im Sinne des „sustainable development" gerecht wird. Bei der als notwendig erachteten Dematerialisierung und deutlichen Senkung des Energieverbrauchs geht es hier vor allem um absolute Umweltkennziffern (z. B. Verbrauch an fossilen Energieträgern, Atomstrom, Materialverbrauch).
12 Vgl. Fichter, K., (Hg.), EG-Öko-Audit Verordnung, Mit Öko-Controlling zum zertifizierten Umweltmanagementsystem, München 1995 sowie Hopfenbeck, W., Jasch, Ch., Öko-Controlling, Landsberg/L 1993 Stahlmann, V., a. a. O.
13 Die in den USA v. a. in den 70er Jahren eingeführten ersten Öko-Audits waren „Compliance Audits", d. h. sie prüften die Übereinstimmung („compliance") mit den geltenden Umweltvorschriften.
14 Die Charakterisierung eines Unternehmens als „quasi öffentliche Institution" stammt von Peter Ulrich. Die Großunternehmung als quasi-öffentliche Institution, Stuttgart 1977 „stakeholder" werden von Freeman definiert als „any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the firms objecitves (vgl. Freeman, R. E., Strategic Management: A stakeholder Approach, Boston et al. 1984, pp. 25).

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
Dr. Heidemarie Glöckner

Kulturintegrierende Umwelterziehung

Umwelterziehung gehört heute zum Bildungskanon und ist fester Bestandteil des Unterrichts in den Schulen.
Ein Schulbiotop anlegen, Bachpatenschaften übernehmen, Gewässeruntersuchungen und Pflanzaktionen durchführen – das sind Projekte, die an kaum einer Schule fehlen.
Solche Vorhaben sind für alle Beteiligten sehr motivierend und finden breite Zustimmung: Elternbeiräte graben Löcher für Schulweiher, Sparkassen spendieren Gartenwerkzeuge, Krankenkassen schreiben Wettbewerbe aus und prämieren die gelungensten Aktionen und die Presse berichtet ausführlich über umweltschützerische Aktivitäten.
So notwendig und pädagogisch wertvoll solche Projekte zweifellos sind, so muß diese überwiegend aktionistisch angelegte Umwelterziehung doch insofern kritisiert werden, als sie oft vordergründig bleibt. Sie geht von einem auf Naturzusammenhänge reduzierten Umweltverständnis aus und verliert den Menschen entweder ganz aus dem Blickfeld oder stellt ihn überwiegend in negativen Bezügen, oft als ignoranten Zerstörer, dar (*Glöckner, H.,* 1995).

Abb. 1: Natur und Kultur – ein Gegensatz?

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Kritik eines auf Naturzusammenhänge reduzierten Umweltverständnisses

1. Eine überwiegend auf die Natur bezogene Umwelterziehung läuft Gefahr, Naturzusammenhänge in verfälschender Weise zu romantisieren.

Umwelterziehung, die von einem derart verengten Umweltverständnis ausgeht, konstruiert mehr oder weniger offensichtlich einen Antagonismus zwischen der friedlichen und geordneten Natur und dem Menschen, der sich in dieses harmonische Gefüge nicht einreihen will.
Derart wertende Umwelterziehung stellt die Natur oft in verfälschender Weise dar und romantisiert dadurch Naturzusammenhänge in realitätsferner Art.
„Noch immer spüren Menschen, wie nach einigen Tagen Aufenthalt in der Wildnis ihre Probleme und ihre Aufregung verblassen. Alles, was sie sehen, hören und riechen, erscheint ihnen außerordentlich schön" (*Cornell, J.* 1991, 10).
Was *Cornell* hier beschreibt, mag für einen mit allem Lebensnotwendigen gut ausgerüsteten Urlauber zutreffen. Für jemanden, der den Bedingungen der Wildnis vollständig und konsequent ausgeliefert wäre, ergäben sich zweifellos – nicht erst nach einigen Tagen, sondern ziemlich bald – anstelle der verblaßten Probleme etliche neue Miseren, die sicherlich nicht „außerordentlich schön" wären.
Auch das Verhalten von Tieren wird in vermeintlich kindertümlicher Art verniedlicht und verharmlost.
„Ich denke, ich könnte umkehren und mit den Tieren leben, sie sind so sanft und selbstgenügsam" (*Whitman* in: *Comell, J.* 1991, 21).
Es ist selbstverständlich unbestritten, daß Umwelterziehung für natürliche Gegebenheiten sensibilisieren muß, um so die Bildung positiven Wertempfindens zu begünstigen, aber bei aller dafür notwendigen Kindgemäßheit, meine ich, darf Umwelterziehung nicht mit der Verfälschung biologischer Tatsachen arbeiten.

2. Eine den Menschen nur in negativer Weise einbeziehende Umwelterziehung ist in weiten Bereichen von unreflektierter Technik- und Wissenschaftsfeindlichkeit gekennzeichnet.

H. Bachmann / S. Vortisch (1989) haben zur Umwelterziehung Theaterstücke für Kinder zusammengestellt, die teilweise einen solchen technik- und wissenschaftsfeindlichen Grundton aufweisen. In dem Stück „Kasper und der Giftzwerg" wird ein böser Zauberer beschrieben. Gretl beobachtet ihn, wie er eine knallrote Flüssigkeit in den Fluß leitet. „Gretl, Seppl und Kasper gehen durch den Wald und suchen das Chemielabor. Als sie es gefunden haben, ist der Zauberer nicht mehr da. Sie durchsuchen das Labor und finden allerlei giftiges Zeug... Schließlich haben sie einen Plan, wie der Zauberer auszutricksen und unschädlich zu machen ist" (*Bachmann, H. / Vortisch,* S. 1989, 39 ff).

© Verein für Ökologie und Umweltforschung, download unter www.zobodat.at
Pauschal werden hier alle chemischen Produkte als Gift abqualifiziert, der Zauberer wird als böse charakterisiert, bevor man weiß, was er eigentlich vorhat. In der Spielhandlung wird der Zauberer schließlich gefunden und die Kinder werfen ihn in den Fluß. „Nach dem Versprechen, in Zukunft nur noch umweltfreundliche Versuche zu machen... retten Gretl und ihre Freunde schließlich den im Wasser kreischenden Magier" (a. a. O.).
In plakativer Schwarz-Weiß-Malerei werden hier umweltunfreundliche und umweltfreundliche Versuche gegenübergestellt, ohne daß ein Anhaltspunkt dafür gegeben wird, worin der Unterschied zwischen beiden zu erkennen sein soll.
Es ist zu befürchten, daß eine derart undifferenzierte Bewertung technischer Vorhaben, losgelöst von ihrem Zweck-Mittel-Kontext, bei Kindern statt umweltbewußter Orientierung eher Verunsicherung und Ratlosigkeit bewirken könnte.
Ein Unterricht, in dem alles, was mit Chemie zu tun hat, pauschal negativ bewertet wird, kann Kindern angesichts der großen Probleme der Menschheit, wie z. B. des drohenden Hungers durch die Überbevölkerung, kaum Bewertungs- und Entscheidungskriterien anbieten.
„Angesichts der in die Augen springenden negativen Auswirkungen von Technik darf man die ebenso außerordentlich positiven ökonomischen, wissenschaftlichen und humanitären Wirkungen von Technik nicht übersehen. Eine humanitäre Lösung kann nicht gegen die Technik gerichtet sein, sondern wird nur humanitär sein können auf der Basis der Technik" (*Liedtke, M.* 1985, 21).

3. Eine überwiegend naturbezogene Umwelterziehung erfaßt die Dynamik der Realität nicht hinreichend; die Tatsache der Evolution von Natur und Kultur wird schlicht mißachtet.

Wird der Mensch aus den Betrachtungen ausgespart und das derzeitige Naturpanorama zu konservieren versucht, so wird ein statisches Bild von der Welt gezeichnet. So kommt es, daß das Bedürfnis des Menschen, seine Umwelt permanent zu erkunden und zu gestalten, als Störfaktor gewertet wird. Tatsache ist aber, daß das Neugierverhalten und die werkzeugtechnische Intelligenz des Menschen als Produkte der in der Art eines positiven Rückkopplungsprozesses zunehmenden Ausdifferenzierung der Lernfähigkeit im Laufe der biologischen Evolution entstanden sind.
Aufgrund dieser natürlichen Bedingungen ist der Mensch in die Lage versetzt worden, eine völlig neue Entwicklung in Gang zu setzen, sodaß die Kultur seine zweite Natur wurde. Die „Kultur ist das Biotop des Menschen" (*Boesch, E. E.* 1980, 10) geworden.
Wird die entwicklungsgeschichtliche Dimension in der Umwelterziehung ausgespart, so kann nicht erkannt werden, daß die menschliche Kultur, die sich bei vordergründiger Betrachtung als Gegensatz zur Natur zeigt, vielmehr die „lernabhän-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
gige Fortentwicklung und Modellierung von Natur" (*Liedtke, M.* 1992, 1) darstellt und insofern einen Teil des Evolutionsprozesses des Lebens ausmacht und mit der Natur aufs engste verbunden ist.

4. Eine kulturelle Aspekte vernachlässigende Umwelterziehung berücksichtigt nicht in ausreichendem Maße die systemische Struktur der Realität.

Sie realisiert nicht, daß es „die" Natur, als etwas, das in keiner Weise von anthropogenen Einflüssen gekennzeichnet wäre, in unserem Handlungsraum heute so gut wie nicht mehr gibt.
Unsere Umwelt stellt vielmehr ein eng verwobenes Geflecht von natürlichen und kulturellen Faktoren dar, die sich in wechselseitig bedingter Abhängigkeit entwikkeln; die kulturellen Komponenten scheinen in dieser Koevolution an Bedeutung zu gewinnen. Der Grad der Vernetztheit von natürlichen und kulturellen Strukturen und die Vielfältigkeit der Kopplung von natürlichen und vom Menschen gestalteten Dynamiken nimmt ständig zu.
Wenn Umwelterziehung dieser Tatsache nicht Rechnung trägt, vernachlässigt sie die notwendige Anbahnung korrelativen Denkens und verharrt stattdessen in genau den linearen Denkstrukturen, die in der Vergangenheit in nicht unerheblichem Maße Entwicklungen begünstigt haben, die sich uns heute in ihren kumulativen und vernetzten Wirkungen als ökologische Krise darstellen.

5. Eine auf Naturzusammenhänge begrenzte Umwelterziehung vernachlässigt anthropologische Faktoren und ignoriert mit dem kulturellen Gestaltungsdrang des Menschen einen wesentlichen Teil der ökologischen Bedingungen, unter denen wir leben.

Es gehört zu den Wesensmerkmalen des Menschen, daß er seine Umwelt erkunden und gestalten will. „Man wird deswegen nicht erwarten dürfen, daß der Mensch sich zu einem Asketen seiner werkzeugtechnischen Fähigkeiten und Appetenzen entwickelt. Was immer wißbar ist, wird ihn interessieren und ihn reizen. Ebenso wird es ihn drängen, das zu versuchen, was er technisch kann" (*Liedfke, M.* 1994, 202). Werden diese den Menschen charakterisierenden Wünsche und Fähigkeiten nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt, wird unsere Realität nicht exakt genug erfaßt.
Auf einer derart defizitären Analyse aufbauende Lösungsvorschläge für Umweltprobleme werden dementsprechend zu kurz greifen müssen, denn „das Spezifikum des ökologischen Problems besteht.. [ja gerade] darin, daß das Handeln des Menschen in der gegenwärtigen Situation ein technisches Handeln ist. Und wer dieser Prämisse. nicht Rechnung trägt, der wird niemals Ökologie, der wird immer nur Landschaftsgärtnerei betreiben können" (*Zimmerli, Ch.* 1990, 12).

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Umwelterziehung muß auch kulturelle Aspekte einbeziehen

Eine kulturintegrierende Umwelterziehung geht von folgenden Prämissen aus:
1. Weltoffenheit, Neugier und Gestaltungsdrang sind stammesgeschichtlich erworbene Wesensmerkmale des Menschen:

Kultur gehört zur Natur des Menschen

2. Kulturelles Leben realisiert Werte, die über eine bloße Existenzsicherung mit dem Ziel des Überlebens weit hinausreichen (Rechtssicherheit, Solidarität, Wissenschaft, Kunst, Menschenrechte); es kann nur realisiert werden, wenn die natürliche Umwelt des Menschen gezielt genutzt und dadurch auch verändert wird:

Kultur kostet Natur

3. Kulturentwicklung ist nur auf der Grundlage einer intakten, funktionierenden natürlichen Umwelt möglich. Kulturelle Vorhaben müssen sich deshalb auf intelligente Weise in die Energie- und Materieströme unseres Systems „Planet Erde" einklinken, so daß jahrmilliarden alte, funktionierende Regelkreisläufe optimal genutzt werden können, ohne daß dabei Grenzwerte überschritten werden, deren Einhaltung für ein stabiles Systemverhalten unerläßlich ist:

Wieviel Natur darf Kultur kosten?

4. Das Ziel aller ökologischen Bemühen muß darin liegen, eine dynamische Balance zwischen den Bedingungen der natürlichen Umwelt und den kulturellen Gestaltungsansprüchen des Menschen zu finden:

Menschenwürdiges Leben braucht Natur und Kultur

Ein Unterrichtsbeispiel

Kulturintegrierende Umwelterziehung erweitert das auf Naturzusammenhänge verengte Umweltverständnis und beleuchtet das Spannungsfeld, das sich zwischen den beiden, menschliches Leben bestimmenden Komponenten Natur und Kultur ergibt: einerseits besteht die Notwendigkeit, mit der natürlichen Umwelt möglichst schonend umzugehen, andererseits ist menschliches Handeln darauf gerichtet, menschenwürdige Lebensbedingungen zu schaffen und für möglichst viele Menschen zu sichern.
Kulturintegrierende Umwelterziehung fördert vernetztes Denken und zwar nicht nur anhand von biologischen sondern auch von sozialen, politischen, wirtschaftlichen oder ethischen Fragestellungen; sie kann deshalb nur fächerübergreifend realisiert werden. So könnte zum Beispiel der Themenkomplex „Demokratie" im Rahmen eines dementsprechenden Unterrichtskonzeptes wie folgt im Unterricht bearbeitet werden:

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
Die Unterrichtseinheit könnte mit einigen Fallbeispielen aus der Geschichte oder aus Staaten, in denen demokratische Prinzipien weniger gelten, beginnen.

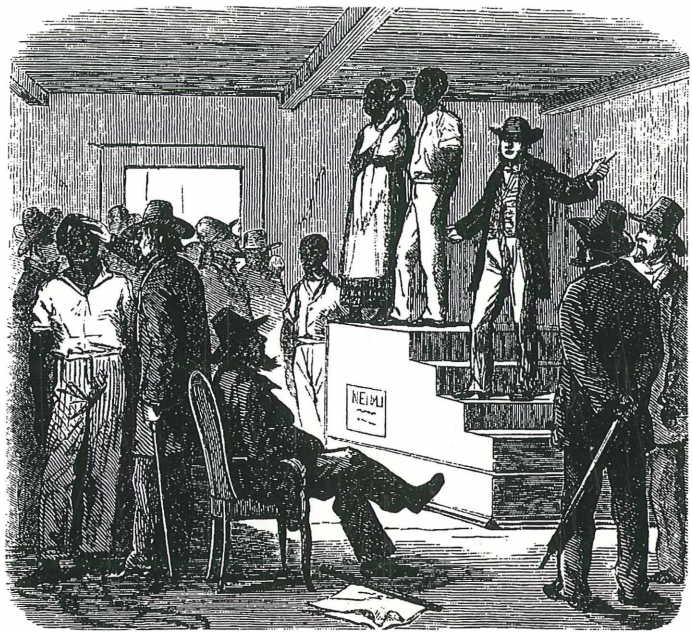


Abb. 2: Sklavenversteigerung in den Vereinigten Staaten von Amerika, Holzstich, um 1850, Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz, Berlin.

Die einzelnen Abbildungen und Schlagzeilen werden im Klassengespräch oder in arbeitsteiliger Gruppenarbeit analysiert:
- Welche Information bekommen wir? z. B.: hier werden Menschen vorgeführt und besichtigt; offensichtlich werden sie versteigert.
- Was können wir über die gesellschaftlichen Verhältnisse folgern?
- In welchem Land zu welcher Zeit könnte diese Situation gegeben gewesen sein?
- Wie würden wir uns fühlen, wenn wir unter derartigen Bedingungen leben müßten?
- Was ist bei uns eigentlich anders?
- usw.

In dem Gespräch kristallisiert sich der Begriff der Menschenwürde heraus.
Im folgenden wird der Begriff, unabhängig von der Einstiegssituation, zu füllen versucht.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Menschenwürde - was ist das?

Abb. 3: Menschenwürde hat viele Facetten.

Die Schülerinnen und Schüler notieren, was ihrer Meinung nach Menschenwürde bedeutet. Die Zettel werden an der Tafel zusammengetragen.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

In der Sprache der Schüler heißt Menschenwürde dann etwa:
– „daß man mich nicht verkaufen kann!"
– „jeder hat den gleichen Wert!" oder
– „daß man seine Meinung sagen darf!"

Die von den Schülern gesammelten Bestimmungen von Menschenwürde werden mit offiziellen Formulierungen verglichen.

In dem 1948 von den Vereinten Nationen proklamierten Menschenrechtskatalog heißt es z. B.:

„Art. 1 Alle Menschen sind frei und gleich an Würde und Rechten geboren. Sie sollen einander im Geiste der Brüderlichkeit begegnen."

Im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland heißt es:
„Art. 1 Die Würde des Menschen ist unantastbar"

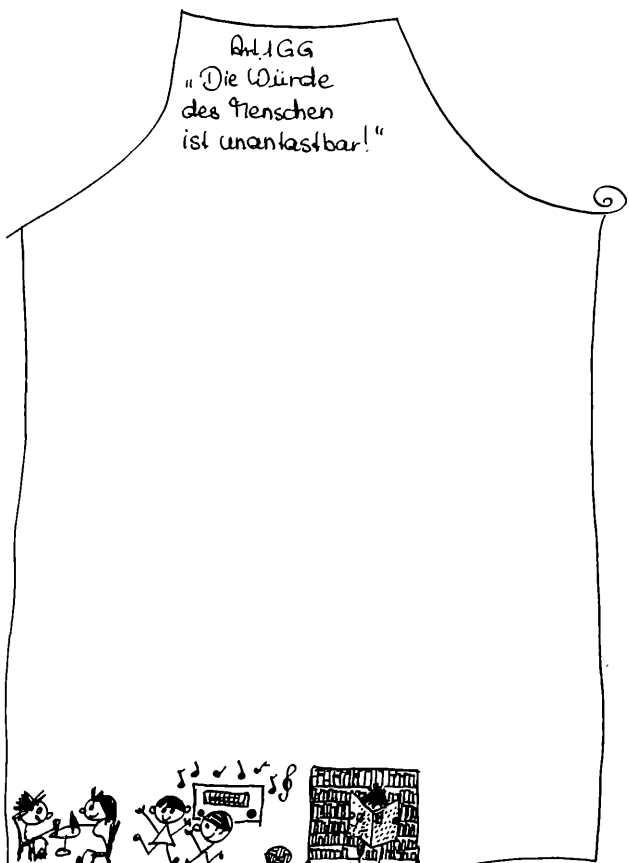


Abb. 4: Achtung der Menschenwürde als oberste Norm einer demokratischen Gesellschaft.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Das bedeutet, es ist gesellschaftlicher Konsens, daß in der Bundesrepublik Deutschland alle unter menschenwürdigen Bedingungen leben können sollen. Auf das Leben der Jugendlichen bezogen heißt das auch: Friede, Wohlstand, Vergnügen, Kunst, Sport, Bildung, Rockkonzert, usw.
Als Gestaltungsgedanke für die Unterrichtseinheit läßt sich diese Situation als ein Haus vorstellen, in dem alle so leben können, daß es allen Beteiligten gut geht. Das Dach ist durch die Übereinkunft gegeben: die Würde jedes einzelnen soll unantastbar sein.

Was ist nun alles notwendig, damit diese ideale Vorstellung realisiert werden kann? Welche tragfähigen Stützen braucht das Haus, damit das Dach nicht einstürzt?

– Die Menschen haben das Recht, ihren eigenen Lebensentwurf zu gestalten: Wertepluralität.

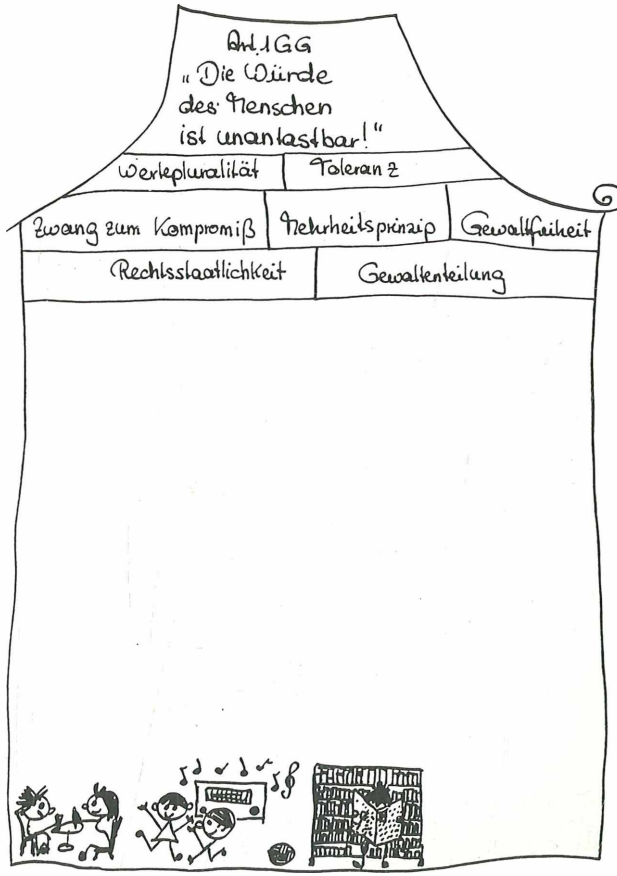


Abb. 5: Tragende Prinzipien einer Demokratie.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

– Die Menschen müssen sich gegenseitig akzeptieren und tolerant miteinander umgehen: Toleranz.
– Bei Meinungsverschiedenheiten und Interessengegensätzen müssen Kompromisse geschlossen werden: Zwang zum Kompromiß.
– Die Mehrheit entscheidet, die Minderheit muß sich arrangieren: Mehrheitsprinzip.
– Gewalt ist kein Konfliktlösungsmittel: Gewaltfreiheit.
– Gewählte Volksvertreter beschließen Gesetze, die das Zusammenleben regeln: Rechtsstaatlichkeit.
– An die Gesetze muß sich auch die Regierung halten. Unabhängige Gerichte sichern die Einhaltung der Gesetze.: Gewaltenteilung.
– usw.

Wir können uns diese Prinzipien eines demokratischen Zusammenlebens als die tragenden Dachbalken unseres Hauses vorstellen. (Abb. 5)

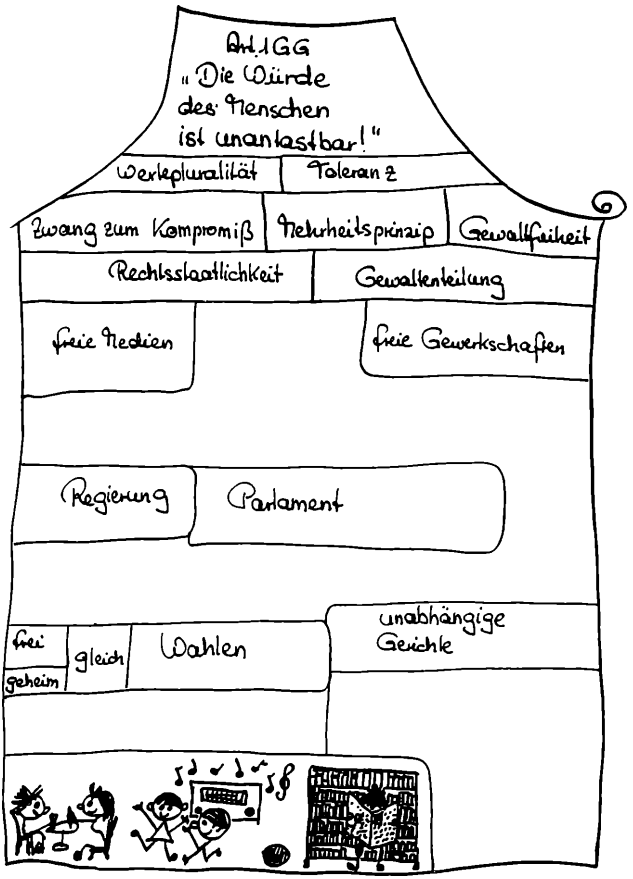


Abb. 6: Bausteine eines demokratischen Rechtsstaates.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Was ist nun wiederum notwendig, daß die Realisierung dieser Prinzipien gewährleistet wird?

- Wir brauchen *Parteien*, in denen sich Menschen zusammenschließen können und in deren Rahmen sie sich an der politischen Willensbildung beteiligen können.
- Es müssen Vertreter in die *Verfassungsorgane* wie das *Parlament* und die *Regierung* entsandt werden.
- Dazu müssen freie, gleiche, geheime *Wahlen* durchgeführt werden.
- Unabhängige *Gerichte* müssen bestellt werden.
- Wir brauchen freie *Gewerkschaften*, die in autonomen Tarifverhandlungen mit den Arbeitgebern Löhne, Gehälter, Arbeitszeiten und Arbeitsbedingungen aushandeln.
- Wir brauchen *Pressefreiheit*, damit uns die Medien umfassend informieren und wir uns als mündige Staatsbürger eine differenzierte Meinung bilden können.
- usw.

Das sind die Bausteine unseres Hauses. (Abb. 6)

Wenn wir nun weiterfragen, dann stellen wir fest, daß „Rechtsstaatlichkeit" z. B. auch heißt: ein einzelner Staatsbürger kann von einem Gericht prüfen lassen, ob z. B. ein Kraftwerk gebaut werden darf oder nicht. Bis so eine Gerichtsentscheidung gefällt werden kann, müssen viele Experten gehört werden, so daß es mehrere Jahre dauern kann, bis das Kraftwerk gebaut werden kann. Während dieser Zeit darf aber die Stromversorgung nicht zusammenbrechen und auch für den Fall, daß das Vorhaben nicht genehmigt wird, müssen alternative technische Lösungen erarbeitet werden.

Eine Gesellschaft, die sich den Luxus der Rechtsstaatlichkeit leisten kann, muß also relativ wohlhabend sein; sie muß viel Überschuß produzieren, damit sie das Justizwesen finanzieren kann und sie muß soweit vorgesorgt haben, daß sie gegebenenfalls auch jahrelang auf Gerichtsurteile warten kann.

In Gesellschaften, in denen bereits die Sicherung der Minimalexistenz der Bevölkerung Probleme bereitet, ist deshalb auch die Achtung der Menschenrechte oft begrenzt oder überhaupt nicht gegeben.

Steigen wir noch kleinmaschiger in unsere Hauskonstruktion ein, dann wird klar, daß ein Parlament eine Ansammlung von gewählten Menschen ist, die in ihren Berufen an ihren Arbeitsstellen fehlen und dort ersetzt werden müssen; das kostet die Gesellschaft eine Menge Geld. Außerdem müssen die Parlamentarier für ihre Tätigkeit von der Gesellschaft bezahlt werden.

Sie müssen von ihren Wohnorten anreisen, und dazu brauchen sie *Verkehrsmittel;* Bahn, Flugzeuge, Autos, die alle mehr oder weniger eine Beeinträchtigung unserer Umwelt darstellen.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Sie arbeiten in einem Gebäude, das etliche Quadratmeter *Grund und Boden* belegt, auf dem sich auch Wiesen, kleine Gewässer oder ein Stück Wald befinden könnten.

In diesem Gebäude sind Schreibkräfte und Sachbearbeiter, Hausmeister, Elektriker und Installateure, Köche und Küchenhilfen tätig, die nicht nur alle täglich ihren Arbeitsplatz erreichen müssen, sondern die auch, um überhaupt arbeiten zu können, einen regen *Lieferverkehr* benötigen: Lebensmittel und Getränke, Büroklammern und Aktenordner müssen geliefert werden, Materialien für Reparaturarbeiten werden benötigt, die Post bringt täglich Tonnen von Briefen und Zeitungen, die Feuerschutzanlage muß gewartet werden und Arzt und Krankenwagen müssen ungehindert vorfahren können. Das alles erfordert ein funktionales *Straßennetz* in der näheren Umgebung, das selbstverständlich zu Lasten der Natur geht.

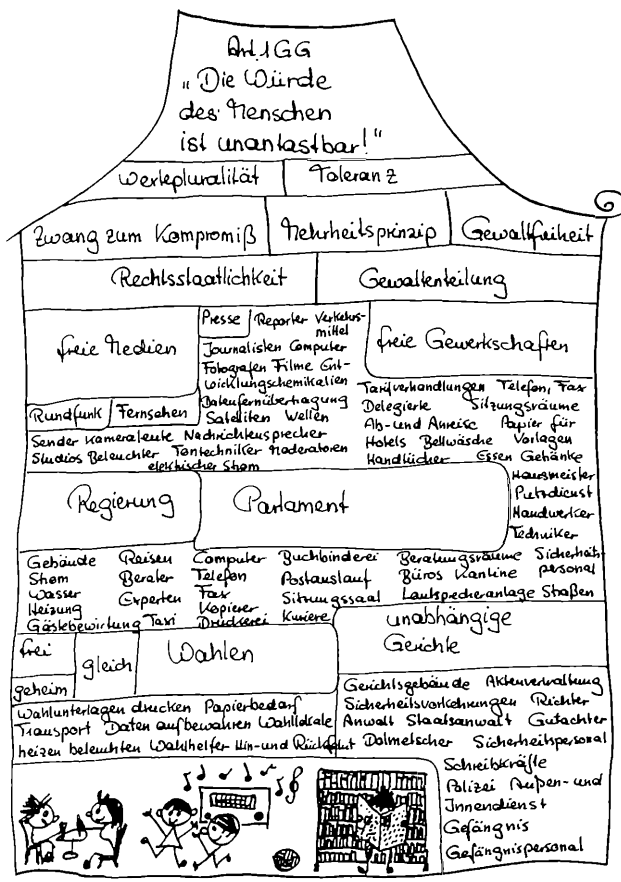


Abb. 7: Kultur geht prinzipiell zu Lasten der Natur.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
Das Parlamentsgebäude muß beheizt, klimatisiert und beleuchtet werden, und Fotokopierer, Kühlschränke und Geschirrspülautomaten laufen viele Stunden, was einen nicht unerheblichen *Energiebedarf* bedeutet.
Damit die Parlamentarier arbeiten können, benötigen sie Mikrofon- und Lautsprecheranlagen, Telefonleitungen und den Anschluß an Datenbanken und computergestützte Informations- und Kommunikationssysteme, für deren Herstellung viele unterschiedliche Materialien verwendet wurden, was den Bestand der nicht erneuerbaren *Rohstoffreserven* unserer Erde bedroht und für deren Entsorgung – bei der Erneuerung der Anlagen bleiben riesige Mengen von hochgradig vermischtem Elektronikschrott zurück – zur Zeit noch keinerlei ökologisch vertretbare Möglichkeiten bestehen.
Die Hausdruckerei hat einen horrenden Papierbedarf, was die *Wälder* belastet.
Die Putzkolonnen befördern riesige Mengen von Tensiden in die Umwelt und die zweifellos notwendigen WC-Spülungen belasten den *Wasserhaushalt* der direkten Umgebung erheblich, usw.
All diese Umweltbelastungen halten die Mauern unseres Hauses zusammen. (Abb. 7)

Ohne derartige Beeinträchtigungen von Natur ist Demokratie unter den Bedingungen des Lebens in einer Massengesellschaft zur Zeit nicht realisierbar. Angesichts dieser Tatsache muß man selbstverständlich versuchen, die Belastungen der natürlichen Rahmenbedingungen möglichst gering zu halten; das kann z. B. dadurch geschehen, daß die notwendigen Gebäude nach ökologischen Prinzipien konstruiert werden, sodaß die Eigenschaften verschiedener Materialien geschickt genutzt werden können, um den Energieverbrauch zu senken; man kann versuchen, so viel wie möglich des Energiebedarfs mithilfe photovoltaischer und photothermischer Verfahren zu decken; man kann die öffentlichen Verkehrsmittel so attraktiv ausbauen, daß mit dem Transport vieler Menschen nicht automatisch erhebliche Umweltbelastungen einhergehen; die Hausdruckerei kann ungebleichtes Recyclingpapier verwenden, usw., aber dennoch wird ein nicht unerheblicher Restposten an Umweltbeeinträchtigungen bleiben.

Das gilt ebenso für viele andere uns sehr wichtig, wenn nicht gar unverzichtbar erscheinenden Gegebenheiten unseres Lebens, sodaß wir uns fragen könnten:
- welche Eingriffe in die Natur sind notwendig, damit wir uns ein spannendes Buch oder unsere heißbegehrten Zeitschriften kaufen können?
- welche Beeinträchtigungen von Natur bedeutet es, daß bei uns alle kostenlos zur Schule gehen können?
- in welcher Weise wird die Natur belastet, wenn ein Rockkonzert veranstaltet wird?
- welche Umweltbelastungen werden dadurch verursacht, daß jeder von uns, der im Sportunterricht einen Unfall hat, mit dem Krankenwagen schnell geholt wird,

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

im Krankenhaus von Ärzten versorgt und im Notfall von Spezialisten operiert wird?
- wieviel Natur kostet es, daß für Menschen in Not Hilfe bereit gehalten wird, wie z. B. bei der Drogenberatung oder in Beratungsstellen für mißhandelte Kinder und Jugendliche?
- was kostet ein Menschenrecht?

Es wird deutlich, daß es für eine humane Lebensweise wesentlich ist, daß das menschliche Handeln nicht nur auf die Sicherung des rein physischen Überlebens gerichtet ist, sondern daß sich menschengemäßes Handeln an weit über die biologische Existenz hinausreichenden Werten orientiert.
Nun könnte man die Argumentation, daß menschenwürdiges Leben nur auf der Basis gezielter Nutzung der Natur möglich ist, allerdings leicht dazu verwenden, um ein völlig rücksichtsloses Durchsetzen der eigenen Interessen gegenüber der Natur und den anderen Menschen zu begründen.
Das Konzept einer kulturintegrierenden Umwelterziehung wäre jedoch grundsätzlich mißverstanden, wollte man die Tatsache, daß kulturelle Werte häufig nicht realisiert werden können, ohne daß die Natur belastet wird, als Alibi für jeden beliebigen kurzfristigen und profitorientierten Raubbau an der Natur benutzen und sie als Rechtfertigung für einen ökologisch nicht vertretbaren, verschwenderisch hohen Lebensstandard in den Industrienationen auf Kosten der Menschen in den armen Ländern interpretieren.
Eine dem Kulturbedürfnis des Menschen Rechnung tragende Umwelterziehung wird vielmehr zu verdeutlichen versuchen, daß es Teil einer menschengemäßen Lebensführung ist, daß der Mensch seine Zielvorstellungen zu realisieren versucht, daß es aber zugleich dringend geboten ist, dies auf möglichst ökologisch vertretbare Weise zu bewerkstelligen. Das bedeutet, bei möglichst vielen Entscheidungen immer wieder erneut zu fragen: Darf dieses Stück Kultur so viel Natur kosten?
Natur und Kultur sind zwei Bedingungen menschlicher Existenz und wir brauchen die Balance wie der Seiltänzer. (Abb. 8)

Kulturintegrierende Umwelterziehung versucht, bewußt zu machen, daß eine lebensfähige Natur die Grundlage für jegliche Kulturentfaltung darstellt, daß aber auch Maßnahmen zum Schutz der natürlichen Umwelt nicht im wesentlichen zu Lasten der Kulturentwicklung gehen dürfen, denn es kann ja nicht Ziel unserer ökologischen Bemühungen sein, natürliche Systeme beliebigen Organisationsniveaus zu schützen und zu erhalten, sondern es kann nur darum gehen, die natürliche Umwelt in der Weise zu bewahren, daß der Mensch weiterhin Lebensbedingungen darin findet; und zwar nicht nur Bedingungen für ein *Über*leben sondern für ein menschengemäßes und *menschenwürdiges* Leben.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

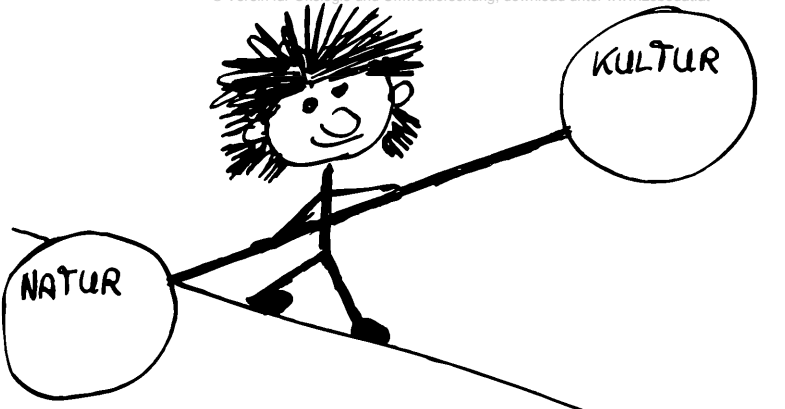


Abb. 8: Balance zwischen Natur und Kultur als Grundbedingung menschenwürdigen Lebens.

Kehren wir abschließend noch einmal zu unserem „Haus" der Demokratie zurück: Bezieht man in die Überlegungen zur Güterabwägung auch langfristige Aspekte ein, so wird man am Beispiel „Demokratie" feststellen, daß diese Form des Zusammenlebens zwar, kurzfristig betrachtet, recht aufwendig ist und deswegen auch eine relativ höhere Belastung der natürlichen Umwelt darstellt als einfacher strukturierte Gesellschaftsformen, daß aber, langfristig gesehen, demokratische Gesellschaften mit ihren natürlichen Ressourcen vernünftiger – d. h. in ökologisch verträglicherer Weise – umgehen als z. B. autoritär verfaßte.

Die demokratische Vielfalt ermöglicht über den ständig notwendigen Interessenausgleich, daß möglichst viele Argumente in Entscheidungen einfließen. Wesentliche Elemente einer Demokratie, wie Vielfalt, Dezentralität, Vernetztheit, Multifunktionalität, sind Prinzipien, die in allen Systemen – ungeachtet ihres Organisationsniveaus zugleich Effektivität und Nachhaltigkeit sichern. Deshalb ist eine vielfältige Gesellschaft im Vergleich zu mehr einheitlich und hierarchisch gegliederten Gemeinschaften extrem leistungs- und anpassungsfähig. Sie bringt aus ihren inneren Gesetzmäßigkeiten, die eine große Anzahl an Rückkopplungs- und Synergieeffekten ermöglichen, vielfältige Mechanismen hervor, die einerseits Innovationen begünstigen – und zwar mit sich selbst beschleunigendem Tempo – und andererseits das Bewährte zu erhalten und festigen vermögen.
Aus dem Wechselspiel dieser Mechanismen ergibt sich eine Entwicklung, die in größtmöglichem Maße ökologischen und ökonomischen Erfordernissen entspricht und zugleich kulturverträglich und damit menschenwürdig ist. (Abb. 9)
Es wird deutlich, daß kulturelle Entwicklung zwar kurzfristig natürliche Zusammenhänge belastet, daß sie aber, sofern sie die in der Natur bestehenden Energie-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

ströme in intelligenter Weise nutzt, sehr wohl in der Lage ist, zur Weiterentwicklung und Höherdifferenzierung unseres Systems „Planet Erde" beizutragen.
Deshalb sollte Umwelterziehung nicht in kulturpessimistischer Weise Naturverherrlichung betreiben sondern die Vision einer menschenwürdigen Zukunft vermitteln.

Literatur:

Boesch, E. E.: Kultur und Handlung. Einführung in die Kulturpsychologie, Bern, Stuttgart, Wien, 1980.

Comell, J. B.: Auf die Natur hören, Wege zur Naturerfahrung, Mülheim an der Ruhr, 1991.

Liedtke, M.: Technik – Erlösung oder Sündenfall des Menschen. Zum Problem der Humanität in der technischen Entwicklung, Wien, 1985.

Liedtke, M.: Grundlegende Thesen zur Ökologie, zur Umwelterziehung und zur ökoethologischen Forschung, o. O, 3. 12. 1992.

Liedtke, M.: Bildungsaufgaben an der Schwelle zum 3. Jahrtausend - Zielvorstellungen, Entwicklungstrends und anthropologische Rahmendaten; in: Seibert, N./ Serve, H.J. (Hrg): Bildung und Erziehung an der Schwelle zum dritten Jahrtausend, München, 1994.

Glöckner, H.: Umwelterziehung und Kultur, Analysen und unterrichtspraktische Vorschläge zum Spannungsfeld Natur – Kultur, Bad Heilbrunn, 1995.

Zimmerli, W. Ch.: Natur als Umwelt des Menschen in: Schmirber, G. (Hrg.) Umwelterziehung als Bildungsaufgabe, Stamsried, 1990.

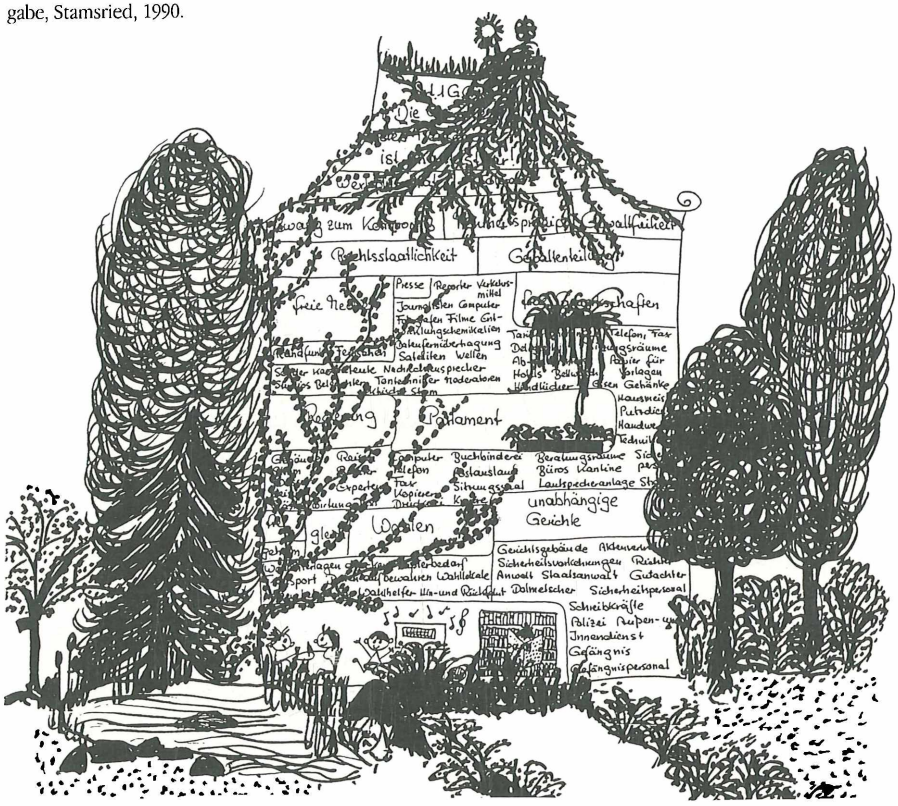


Abb. 9: Umwelterziehung: Die Vision einer menschenwürdigen Zukunft vermitteln.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
Ass. Prof. Dr. Reinhold Priewasser

Ökobilanzen als Instrument des Umweltmanagements

Einleitung

Speziell in den letzten Jahren sind Ökobilanzen zu einem immer wichtigeren Bestandteil der umweltpolitischen Diskussion und auch der Umweltschutzpraxis geworden. Mit ihrer Hilfe sollen die von Produkten, Prozessen, Systemen oder von Verhaltensweisen ausgehenden Umwelteffekte erfaßt und in der Folge ökologisch bewertet werden. Als umweltpolitisches Instrument dienen sie der Offenlegung von Schwachstellen und liefern die ökologischen Entscheidungsgrundlagen etwa für die Produktauswahl, für Produktentwicklungen, Verfahrensanpassungen und -innovationen, Verhaltensänderungen und nicht zuletzt auch für umweltbezogene Maßnahmen der Öffentlichen Hand. Ihrer Zweckrichtung nach erfüllen sie eine Vergleichs- und Optimierungsfunktion.

Daß Ökobilanzen erst in jüngerer Zeit größere Bedeutung erlangt haben, ist Ausdruck eines sich wandelnden Verständnisses von Umweltschutz. So war in den 70er und 80er Jahren die Umweltpolitik der Industrieländer durchwegs partikularistisch, d. h. auf einzelne, ganz bestimmte Belastungsaspekte ausgerichtet. Im Blickpunkt des Interesses standen zu dieser Zeit insbesondere die Verringerung bestimmter Luftschadstoffe, die Erfassung und Reinigung von kommunalen und industriellen Abwässern, die ordnungsgemäße Abfallbeseitigung und die Substitution von einzelnen, besonders umweltgefährdenden chemischen Stoffen. (*Schmidt-Bleek,* 1993, S. 97). Im Rahmen des damaligen umweltpolitischen Handelns wurden Luft-, Wasser- und Bodenbelastungen zumeist als getrennte mediale Problembereiche gesehen, welche dementsprechend auch einer separierten Beurteilung und Maßnahmensetzung unterlegen sind. Dies führte in der Folge oft nur zu „scheinbaren" Problemlösungen, etwa wenn Entlastungen in einem Bereich nur unter Inkaufnahme von Belastungsverschiebungen in andere Umweltmedien erreicht werden konnten (wie z. B. die Bodenbelastung durch Klärschlämme aus der Abwasserreinigung).
Andere ökologische Problemstellungen, wie die Risiken eines Klimawandels aufgrund von sog. Treibhausgasen oder die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, wurden überhaupt als gesonderte Themen behandelt.

Erst angesichts der deutlich erkennbar gewordenen Grenzen der Leistungsfähigkeit dieses partikulären Ansatzes entwickelte sich unter dem Druck der wachsenden Umweltprobleme gegen Ende der 80er Jahre eine stärker ganzheitliche Betrachtung der von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen ausgehenden ökologi-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
schen Wirkungen. Diese dem Konzept der Umweltvorsorge ensprechende Sichtweise, welches eine gesamthafte Verringerung der ökologischen Einwirkungen gesellschaftlichen Handelns zum Leitprinzip hat (*Malinsky,* 1988, S. 315 f.), führte auf der instrumentellen Ebene zu einem rasanten Bedeutungszuwachs von methodischen Ansätzen zur Ökobilanzierung. Ökobilanzen sind hinsichtlich ihres vertikalen und horizontalen Betrachtungsrahmens idealtypisch dadurch gekennzeichnet, daß sie:

- speziell bei Produktbeurteilungen den gesamten Lebensweg in die Bewertung einbeziehen, d. h. von der Rohstoffgewinnung und -aufbereitung beginnend, über die Produktion, Distribution, den Ge- und Verbrauch bis hin zur Entsorgung und
- die dabei auftretenden ökologischen Belastungen möglichst umfassend und medienübergreifend abbilden. (*Biet, et al.,* 1992, S. 16 f.)

Ungeachtet solcher grundlegender Gemeinsamkeiten zeigen sich zwischen den verschiedenen Verfahren beträchtliche Unterschiede, vor allem in bezug auf den Bewertungsumfang und die Art der Bewertungsmethodik.

- Dem Bewertungsumfang nach gibt es einerseits Modelle die ausschließlich „input-orientiert" angelegt sind, d. h. solche, die nur den Material- und Rohstoffeinsatz von Prozessen und Produkten als Maßstab für die ökologische Belastung heranziehen. Diesen stehen auf der anderen Seite Verfahren gegenüber, die lediglich die „output-Seite" der Umweltbeanspruchung abbilden, also den Eintrag von Schadstoffen in die Medien Luft, Wasser und Boden zum Bewertungsgegenstand haben. Zum dritten gibt es schließlich Bilanzierungsansätze, die beide Dimensionen der Umweltbeanspruchung in die Evaluierung einbeziehen.
- Der Bewertungsmethodik nach lassen sich im wesentlichen drei Kategorien von Ökobilanzen unterscheiden, wobei die Übergänge jedoch fließend sind. Hierzu gehören zum einen Verfahren, deren Bewertung primär auf subjektiven Einschätzungen beruht, zum anderen solche, die sich in der Evaluierung auf gesellschaftlich-konsensuale Werturteile stützen und schließlich solche, deren ökologische Bewertung vorrangig auf naturwissenschaftlichen Beurteilungsgrundlagen (wie z. B. Grenzwerte) fußt.

Abb. 1 bietet einen Überblick über die zur Zeit gängigsten ökologischen Bewertungsansätze und ordnet diese unter den eben genannten Klassifikationsgesichtspunkten zu.

Die folgenden Ausführungen sind ausschließlich den naturwissenschaftlichen Ansätzen gewidmet und hierbei wiederum nur jenen, die in der Bewertungsdiskussion der jüngeren Zeit – und hier wiederum besonders in der praktischen Anwendung – eine gewichtigere Rolle spielen. Diese Eingrenzung der Betrachtung auf naturwissenschaftlich begründete Modelle ist jedoch keineswegs als Ausdruck einer Geringschätzung der übrigen Verfahren zu werten. In manchen Fällen stellen sol-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

	reine INPUT-Modelle	Mischmodelle	reine OUTPUT-Modelle
subjektive Wertung		Expertenurteil ABC-Analyse Nutzwertanalyse	
gesellschaftliche Wertung		ökonomische Modelle UBP-Methode	CO_2-Äquivalenz-methode
natur-wissenschaftliche Wertung	MIPS KEA	SPI CML-Methode	Kritische Volumina Analogiemethode

In Anlehnung an *Sage*, 1993, S. 54
Abb. 1: Ökologische Bewertungsmodelle im Überblick.

che Methoden (wie z. B. die Nutzwertanalyse oder die ABC-Analyse) in Anbetracht der oft nur scheinbaren Objektivität naturwissenschaftlicher Verfahren eine äußerst wichtige Ergänzung dar.
Auf der anderen Seite wird naturwissenschaftlichen Bewertungsverfahren aufgrund ihres formal-quanitativen Charakters häufig ein hohes Maß an Operationalität und Eindeutigkeit und damit eine besondere Aussagefähigkeit hinsichtlich des Ausmaßes der Umweltbelastung vor allem durch technische Prozesse und Produkte zugeschrieben.
Im folgenden soll nun anhand eines Vergleiches mehrerer solcher Bewertungsmodelle veranschaulicht werden, inwieweit diese die mit ihnen verbundenen Erwartungen erfüllen.

Aufbau von Ökobilanzen

Die Erstellung von Ökobilanzen erfolgt in mehreren Teilschritten, wobei folgende Stufenfolge in nahezu allen Bilanzierungsverfahren, wenn auch in z. T. sehr unterschiedlicher inhaltlicher Ausgestaltung, anzutreffen ist. Es sind dies (*Hofstetter/ Braunschweig,* 1994, S. 227)

– Festlegung des Bilanzierungszieles
Hierbei wird vor allem definiert, welche funktionellen Einheiten Gegenstand der Bilanzierung sein sollen (z. B. ein oder mehrere Prozesse, ein bestimmtes Produkt oder ein Betrieb) und welche vertikale Betrachtungstiefe gewählt wird. (z. B. Einbeziehung gesamten Lebenszyklusses eines Produktes oder nur bestimmter Ausschnitte davon.)

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

– Erstellung einer Sachbilanz

(auch als Ökoinventar oder Inventory analysis bezeichnet)

In diesem Schritt werden die von der betrachteten funktionalen Einheit ausgehenden Umwelteinwirkungen erfaßt. Unterschiede zwischen den einzelnen Ökobilanzierungsmethoden bestehen hier vor allem in bezug auf den Vollständigkeitsgrad bei der Abbildung von Umwelteinflüssen. Die outputbezogenen Ansätze beschränken sich, wie bereits dargelegt, auf die Abbildung von Emissionen, und dabei oft auch nur von einigen wenigen Schadstoffen, während inputorientierte Modelle nur den Rohstoffe- und/oder Energieeinsatz bzw. zuweilen auch den Flächeneinsatz berücksichtigen. Integrierte Modelle hingegen bilden die die betrachteten Systeme durchfließenden Stoff- und Energieströme input- und outputseitig ab und berücksichtigen in manchen Fällen sogar auch noch darüber hinausgehende Umwelteinwirkungen, wie Lärm, Landschaftsveränderungen und Einflüsse auf die biologische Artenvieltfalt.

– Wirkungsbilanz und Bilanzbewertung

In der Wirkungsbilanz werden die in der Sachbilanz in Mengengrößen erfaßten Umwelteinwirkungen (z. B. emittierte Schadstoffmengen in kg) im Hinblick auf ihre ökologischen Folgewirkungen einer Bewertung unterzogen. Dabei erfolgt in den meisten Fällen eine Gewichtung der verschiedenen Umwelteinwirkungen nach dem Grad ihrer ökologischen Schädigungseignung. Einzelne Umwelteinwirkungen – vor allem Schadstoffemissionen – werden dabei häufig, entsprechend ihrer relativen ökologisch-toxikologischen Belastungswirkung, mit einem Gewichtungsfaktor versehen. Diese Gewichtung geschieht in einigen Fällen mit Bezug auf verschiedene Belastungskategorien (z. B. Luftbelastung, Wasserbelastung etc.), in anderen Fällen hingegen auch ohne eine solche Differenzierung.

Darauf aufbauend werden nun die in der Sachbilanz ermittelten Stoffluß- bzw. Emissionsmengen mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren multipliziert und die so gewonnenen Ergebniswerte aufsummiert.

Auf dieser Grundlage kann im weiteren eine Bilanzbewertung vorgenommen werden. Je nachdem, ob nun die Resultate der Wirkungsbilanz über die einzelnen Umweltbelastungskategorien hinweg zu einer einzigen Maßzahl zusammengeführt werden oder ob für einzelne Belastungsbereiche nur jeweils getrennte Maßzahlen (Indizes) errechnet werden, spricht man von Voll- oder Teilaggregation. Im letzteren Fall erfolgt die abschließende Gesamtbewertung durch verbale bzw. diskursive Interpretation. Von den hier besprochenen Verfahren sind die Methode der Kritischen Volumina und das CML-Verfahren Ansätze mit Teilaggregation, während die Analogiemethode, die MIPS-Methodik, das KEA-Modell und die UBP-Methode eine Vollaggregation vorsehen.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Methoden der Ökobilanzierung

1. Methode der „Kritischen Volumina" *(Bundesamt für Umweltschutz, Bern)*

Die Methode der „Kritischen Volumina" erlangte vor allem durch ihre Anwendung bei der Ökobilanzierung von Packstoffen eine größere Bedeutung. Besonders bekannt wurde sie durch diesbezügliche Studien des Schweizerischen Bundesamts für Umweltschutz aus den Jahren 1984 und 1990 (*Bundesamt für Umweltschutz, 1984; Abbe/Braunschweig/Müller-Wenk,* 1990). Gegenstand der Bewertung sind dabei im wesentlichen die in die Medien Luft und Wasser freigesetzten Mengen an verschiedenen Schadstoffen. Als Bewertungs- bzw. Gewichtungsgrundlage werden schadstoffspezifische Immissionsgrenzwerte herangezogen, und zwar gesetzliche MIK-Werte (Maximale Immissionskonzentrationen), soweit solche vorhanden sind, und ersatzweise entweder technische Richtwerte (VDI-Richtlinien) oder extrapolierte Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte).
Maßstab für den Grad der Umweltbelastung durch einen bestimmten Schadstoff ist jenes Volumen an reiner Luft bzw. an reinem Wasser, das erforderlich ist, um die betreffende Schadstoffmenge derart zu verdünnen, daß die für diesen Stoff als höchstzulässig erachtete Grenzkonzentration gerade nicht überschritten wird (daher die Bezeichnung „kritisches" Volumen).
Aus der Summe der Volumensberechnungen für sämtliche in die Bewertung einbezogenen Schadstoffe, verursacht durch einen bestimmten Prozeß, ein bestimmtes Produkt oder auf eine definierte Dienstleistung bezogen, ergibt sich

- für alle Luftschadstoffe zusammen eine **kritische Luftmenge** und
- für alle Abwasserinhaltsstoffe eine **kritische Wassermenge** (*Bundesamt für Umweltschutz*, 1984, S. 43 ff.)

Die nachfolgende Formel verdeutlicht dieses Berechnungsverfahren.

$$\text{kritisches Luftvolumen} = \Sigma \frac{\text{Menge Schadstoff i (mg)}}{\text{Immissionsgrenzwert Stoff i (mg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{kritisches Wasservolumen} = \Sigma \frac{\text{Menge Schadstoff i (mg)}}{\text{Immissionsgrenzwert Stoff i (mg/l)}}$$

Mittels dieser beiden Indizes läßt sich eine vergleichende Beurteilung von Produkt- und Prozeßalternativen insbesondere unter den Aspekten der Luft- und Wasserbelastung vornehmen. Die ökologisch gleichermaßen bedeutsamen Komponenten Energieverbrauch und Abfallbelastung werden durch den spezifischen Energieeinsatzwert (z. B. in Joule) bzw. durch das erforderliche spezifische Deponievolumen ergänzend abgebildet. Tab. 1 veranschaulicht die Anwendung dieser Methode am Beispiel des sogenannten „Biodiesel"

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

	RME		
Luftbelastung	Mengen in mg/MJ{1}	ImmGrW mg/m³{2}	krit.Volumina {1}/{2}
SO_2	20	0,125	160,00
NOx	1.198	0,15	7.986,67
CO	369	11,5	32,09
CxHy	152	15	10,13
BaP	0,00004	0,00001	4,00
Benzo( )fluoranthene	0,00029	0,00001	29,00
Benzol	0,2	0,001	200,00
Fomaldehyd	2	0,03	66,67
CO_2	–17.000	579,48	–29,34
N_2O	81	2,15	37,67
Luft			***8.496,89***
Wasserbelastung			
COD(=3 × DOC)			
DOC	5,695	4	1,42
Ammonium	0,137	0,2	0,69
Chloride			
Ölverschmutzung			
Nitratauswaschung	523,8	50	10,48
Pestizide	2,38	0,005	476,00
Wasser			***488,58***

Quelle: *Priewasser,* 1995, S. 1151 ff.

Tabelle 1: Bewertung von Rapsmethylester („Biodiesel") nach der Methode der „Kritischen Volumina"

Die Methode der „Kritischen Volumina" gehört zu jenen Bewertungsansätzen mit einer schon verhältnismäßig langen Tradition, wobei ihre Ursprünge bis in die 70er Jahre zurückreichen. Sie stellt eine sehr transparente und praktikable Methode dar, die international verbreitet angewandt wird. (*Hofstetter/Braunschweig,* 1994, S. 229)

Diese Tatsache sollte jedoch nicht über einige wesentliche methodische Kritikpunkte dieses Bewertungsverfahrens hinwegtäuschen.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

- Zum einen bildet diese Methode nur einen Teil der ökologischen Belastungen durch Prozesse oder Produkte ab. Die Bewertung beschränkt sich primär auf die chemische Belastung der Kompartimente Luft und Wasser durch Emissionen. Feste Abfälle finden dagegen lediglich über das Volumen Berücksichtigung, auf eine Bewertung nach unterschiedlicher Gefährlichkeit der Inhaltsstoffe wird verzichtet. Auch potentielle Klimarisiken, wie sie von den sogenannten Treibhausgasen ausgehen, finden in diesem Verfahren keine explizite Bewertung.
  Die ökologische Inputseite wiederum wird nur durch den Energieeinsatzwert als Gesamtgröße repräsentiert, ohne Differenzierung nach unterschiedlichen natürlichen Knappheitsverhältnissen bei einzelnen Energieträgern und ohne jeglichen Bezug zum Materialeinsatz. Andere ökologische Belastungsaspekte, wie z. B. Auswirkungen auf die Biodiversität oder Landschaftsveränderungen, bleiben gänzlich außer Betracht. Insgesamt wird bei diesem Verfahren somit nur ein relativ kleiner Ausschnitt des ökologische Belastungsspektrums in die Bewertung einbezogen.
- Einen weiteren wesentlichen Diskussionspunkt zu diesem Verfahren stellt die Verwendung von Grenzwerten als ökologische Bewertungsgrundlage dar. Abgesehen davon, daß dabei auf Immissions-Grenzkonzentrationen unterschiedlicher Herkunft zurückgegriffen wird (gesetzliche Immissionsgrenzwerte, MIK-Werte nach den VDI-Richtlinien, MAK-Werte), die unterschiedliche Schutzziele verfolgen (z. B. sind MAK-Werte nur humantoxikologisch begründet), ist die naturwissenschaftliche Aussagekraft von Grenzwerten an sich sehr umstritten. So sind gesetzliche Grenzwerte in der Regel keine nur nach wissenschaftlichen Kriterien festgelegten Limitierungen, sondern vor allem auch auf technisch-politische Machbarkeiten hin ausgerichtet,
  Weiters werden bei dieser Methode allfällige schon bestehende Vorbelastungen durch Schadstoffe nicht berücksichtigt. Dieses Verfahren unterstellt nämlich implizit, daß jede emittierte Einheit eines bestimmten Schadstoffes gleich belastend wirkt, unabhängig vom bereits bestehenden Belastungsniveau. Regionale oder lokale Besonderheiten gehen somit nicht in die Bewertung ein. Auch finden für den Grad der Belastung maßgebliche zusätzliche Kriterien, wie Verweildauer, chemische Beständigkeit (Persistenz) und Akkumulierbarkeit der einzelnen Schadstoffe keine Berücksichtigung. (*Giegrich,* 1995, S. 23)

Ungeachtet dieser Schwachpunkte gilt die Methode der „Kritischen Volumina" aber als ein Verfahren von hoher Transparenz und guter Nachvollziehbarkeit, mit eindeutigen Bewertungsgrößen und einer auch relativ einfachen Anwendbarkeit. Im Sinne der oben vorgenommenen Klassifiktion der Ökobilanzierungsverfahren gehört diese Methode zu den output-orientierten Verfahren mit Teilaggregationsniveau.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Ein wesentlicher Nachteil von solchen teilaggregierten Verfahren im allgemeinen wird darin gesehen, daß diese im Falle eines ökologischen Vergleich von Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen häufig zu keinem eindeutigen Ergebnis kommen. Dies ist stets dann der Fall, wenn in einem Vergleich ein Produkt/Prozeß z. B. im Bereich Luftbelastung zwar besser abschneidet als ein anderes Objekt, unter dem Aspekt der Wasserbelastung hingegen zweiteres zu bevorzugen wäre.
Um dieses Problem zu lösen wurde die Methode der „Kritischen Volumina" von *Suter/Hofstetter* zur sogenannten „Analogiemethode" erweitert.

2. Analogiemethode *(Suter/Hofstetter)*

Diese Methode ist der Versuch einer Weiterentwicklung der „Kritischen Volumina" in Richtung einer *einzigen Maßzahl* durch Umrechnung der „kritischen" Volumenswerte auf *Flächenäquivalente* (*Suter/Hofstetter*, 1989, S. 1342 ff.). Hierzu werden folgende Umrechnungsschlüssel verwendet:

1.000 m^3 Luft = 1000 m Luftsäule über 1 m^2 Bodenfläche
1.000 l Wasser = 1000 mm Niederschlag auf 1 m^2
1.000 kg Boden = 0,5 m Humus pro m^2

Diesem Umrechnungsmodus zufolge ergäbe sich für ein Produkt mit

einem kritischen Luftvolumen von 15.000 m^3	=	15,0 m^2
einem kritischen Wasservolumen von 8000 l	=	8,0 m^2
und einem Deponiebedarf von 500 kg	=	0,5 m^2
ein *Flächenäquivalent* von		23,5 m^2

Mit Hilfe dieser Methodik gelangt man bei ökologischen Vergleichen wohl zu einem eindeutigen Gesamtresultat, gleichzeitig treten dabei aber andere Probleme auf, wie sie für Bewertungsverfahren mit hohem Aggregationsniveau (One-Index-Verfahren) typisch sind:

- So ist den One-Index-Verfahren die wirklichkeitsfremde Annahme implizit, daß Belastungen von Luft, Wasser und Boden quasi gegeneinander aufrechenbar bzw. austauschbar sind. Dies kann zu der paradoxen Konsequenz führen, daß etwa ein Produkt oder Verfahren, das zwar toxikologisch gesehen bedenklich hohe Luftbelastungen nach sich zieht, andererseits jedoch keinerlei Wasser- und Bodenbelastungen verursacht, in der Bewertung letzlich besser abschneidet als ein Produkt/Verfahren, das in allen drei medialen Bereichen (Luft, Wasser und Boden) jeweils nur geringe Lasten verursacht, insgesamt also nur mäßig belastend wirkt.
- Darüber hinaus hängt das relative Gewicht eines Umweltmediums in der Gesamtbewertung von der Zahl der betrachteten Einzeleinwirkungen ab. Aus diesem Grund zeichnen sich hochaggregierte Bewertungsverfahren meist durch eine starke Betonung und Gewichtigkeit der zahlenmäßig dominanten

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Luftschadstoffe aus, während andererseits z. B. die Klimawirksamkeit der Treibhausgase, gemessen an deren effektivem Risiko, unverhältnismäßig gering gewichtet ist.

Als weitere grenzwertorientierte Verfahren wären solche zu nennen, bei denen die Gewichtung der Schadstoffe aufgrund ihrer relativen Toxizität erfolgt. Dies geschieht in der Weise, daß die Immissonsgrenzwerte für die einzelnen Schadstoffe zum Grenzwert eines bestimmten „Leitschadstoffes" in Beziehung gesetzt werden. So wählt etwa *Metzger* in seinem Bewertungskonzept zur Luftbelastung den Schadstoff SO_2 als Bezugsschadstoff (*Metzger,* 1987, S. 164 ff.). Dessen Langzeit-Immissionsgrenzwert liegt nach der deutschen TA-Luft bei 140 mg/m^3 Für NOx wiederum gilt nach demselben Regelwerk ein Immissionsgrenzwert von 80 mg/m^3 Aus dem Verhältnis der beiden Grenzwerte (MIK von SO_2 dividiert durch MIK von NOx) ergäbe sich somit, daß NOx die 1,75-fache Toxizität von SO_2 aufweist und alle NOx-Emissionen demnach mit dem Faktor 1,75 zu gewichten wären. Analog verfährt man mit den weiteren Luftschadstoffen und bildet am Ende die Summe aus allen so gewichteten Schadstoffemissionen.
Eine dem Prinizip nach ähnliche Vorgangsweise wählen *Schaltegger/Sturm* in ihren „Konzept der Qualitätsziel-Relationen" (*Schaltegger/Sturm,* 1992, S. 161 ff.). Allerdings wird hier als Bezugsgröße CO_2 gewählt, wobei die unter Klimaschutzgesichtspunkten höchstzulässige Konzentration in der Umgebungsluft als Referenzwert eingesetzt wird. Zum Unterschied zur vorher genannten Methode wird dieser Bezugswert für die Gewichtung nicht nur von Luftschadstoffen sondern auch der chemischen Belastungen von Wasser und jener durch feste Abfälle herangezogen. Um über alle Umweltkompartimente hinweg ein medienunabhängiges Konzentrationsmaß zu erhalten, werden alle Volumensangaben in Mol-Werte umgerechnet.

3. MIPS: Material Intensity per Unit Service *(Schmidt-Bleek)*

Einen gänzlich anderen Zugang zur ökologischen Bewertung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen bieten „Input-orientierte" Ökobilanzen.
Relativ hohen Bekanntheitsgrad erlangte das von *Schmidt-Bleek* vom Wuppertal-Institut für Klima Energie und Umwelt und seiner Arbeitsgruppe entwickelte Bewertungskonzept „Material Intensity per Unit Service" (MIPS).
Alleiniger Bewertungsmaßstab in dieser Methode ist der absolute Masseninput, jeweils bezogen auf einen bestimmten produktbezogenen Leistungsumfang (z. B. die geleisteten Personenkilometer eines PKW, die gewaschene Wäschemenge bei Waschmaschinen oder das gekühlte Volumen bei Kühlgeräten).
Grundlage der Berechnung des spezifschen Masseneinsatzes sind sämtliche für die Bereitstellung der betreffenden Leistung notwendigen Massenbewegungen und –inputs, und zwar von der Rohstoffgewinnung, über die Verarbeitung, die Hauptpro-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
duktherstellung (einschließlich Kühlwasserbedarf) und den Gebrauch des Produktes bis hin zur Entsorgung reichend. Dabei wird auch der Energieeinsatz in Masseneinheiten (z. B. kg) angegeben, d. h. nicht, wie sonst üblich, in Energieäquivalenzwerten.
Die Masseninputs in den dem Produkt vorgelagerten Stufen sowie in den nachgelagerten Stufen des Recylings und der Entsorgung werden als „Rucksäcke" bezeichnet. Alle diese Massenbewegungen zusammen ergeben, bezogen auf die aus dem betreffenden Produkt erwarteten Leistungen während deren gesamter Gebrauchsdauer, die „Materialintensität je Dienstleistungs-(Funktions-)einheit" Der Bewertungsvorgang ist in Abb. 2 dargestellt.

Σ (Mi x	MIMi) =	MI =	MIPS x	S
Eingesetzte Materialien (z. B. Stahl, Glas)	Material-intensität der Materialien (Rucksäcke)	Gesamt-material-input	Material-input per Service-einheit	Service-einheit

M1 x MIM1 ..z.B. Stahl mit Rucksack
+
M2 x MIM2 ..z.B. Glas mit Rucksack
+
M3 x MIM3 ..z.B. PVC mit Rucksack
↓
Gesamter Materialeinsatz für das Endprodukt (z. B. PKW)
↓
Serviceeinheiten
(z. B. geleistete Personenkilometer)

Quelle: *Schmidt-Bleek,* 1994, S. 129.
Abb. 2: Berechnungsmodus der MIPS-Methode.

Auf diese Weise wurde etwa für die Herstellung von einem Kilogramm Baumwolle ein Materialumsatz von insgesamt 800 kg errechnet. Einer anderen Studie zufolge ergab sich für eine Hotelnächtigung inklusive Frühstück ein Materialeinsatz von zusammen 765 kg. (*Preimesberger,* 1995, S. 24.)

Diese von der Methodik her sehr einfache und pauschalierte ökologische Wirkungsdarstellung mittels nur einem Parameter, nämlich der bewegten Masse, basiert vor allem auf zwei Grundüberlegungen:

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

- Zum einen gelingt nach Meinung der Vertreter der MIPS-Methode den gängigen Ökobilanzen mit ihrer primär schadstofforientierten Bewertung nur ein sehr fragmentarisches Bild der gesamten Umweltbelastung von Produkten oder Prozessen. Denn von der Vielzahl an verschiedenen Schadstoffen und Chemikalien, die in die Umwelt gelangen, ist bisher nur ein sehr geringer Teil analytisch erfaßt und ein noch geringerer Teil auch hinsichtlich seiner möglichen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder auf Ökosysteme untersucht worden. Vielfach überhaupt nicht berücksichtigt sind dabei auch die zahlreichen, aus den primären Schadstoffen durch chemische Reaktionen in den Umweltmedien entstehenden Sekundärschadstoffe.
  Hinzu kommt, daß immer wieder neue Schadstoffe als umweltgefährdend erkannt werden und hinzukommen, wobei es sich oft um Stoffe handelt, die vorwiegend humantoxisch relevant sind, während Stoffe, die die Stabilität der Ökosphäre berühren, generell noch eher wenig untersucht sind.
  Emissionsorientierte Bewertungen von Produkten, Prozessen oder Infrastrukturen geben daher nach Meinung der Autoren nur ein höchst unvollständiges Bild der gesamten Umwelteinwirkung (*Schmidt-Bleek,* 1993, S. 96 f.).
- Zum anderen führen die Autoren zurecht ins Treffen, daß zwischen dem Materialdurchsatz unseres Gesellschaftssystems und den Emissionsproblemen ein proportionaler Zusammenhang besteht und eine auf Dauer wirksame Reduzierung ökologischer Belastungen in erster Linie durch eine drastische Verringerung des Massendurchsatzes zu erreichen wäre. Vorrangiges Ziel müßte es demnach sein, eine bestimmte Dienstleistung bzw. einen angestrebten Nutzen durch jene Produktvariante abzudecken, die den geringsten Materialinput erfordert. Als Fernziel sollte aus der Sicht der Vertreter dieser Methode angestrebt werden, die Materialintensität unseres Systems und damit den globalen anthropogenen Stoffdurchsatz auf ein Zehntel des dezeitigen Niveaus zu senken (*Schmidt-Bleek,* 1994, S. 161 ff.).

Tatsächlich entspricht es durchaus der praktischen Erfahrung, daß gewichtsbezogen leichtere Produkte oftmals weniger ökologische Belastungen hervorrufen als Güter mit einem höheren Gewicht, es sei denn, daß leichte Produkte aus besonders umweltschädlichen Materialien oder mit hoher Energieintensität hergestellt sind.
In Anbetracht gerade des letztgenannten Falles wird die Materialintensität als allgemeingültiges Gesamtmaß der Umweltwirksamkeit jedoch fragwürdig und unplausibel, da nach diesem Verfahren alle Massenströme, unabhängig von ihrer humantoxischen oder ökotoxischen Gefährlichkeit gleich bewertet werden. So wird nach dieser Methode z. B. eine Tonne eines Schwermetalles ökologisch gleich gewertet wie eine Tonne Sand oder dieselbe Menge Kühlwasser (*Klöpffer/Renner,* 1995, S. 37).

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Der Grundidee nach dem MIPS-Konzept ähnlich ist das vom Verband Deutscher Ingenieure vorgeschlagene „Konzept des kumulierten Energieaufwandes" (KEA). Bei dieser Bewertungsmethode wird der lebenszyklusweit für ein Produkt (eine Dienstleistung) oder für einen Prozeß erforderliche Energieinput (auf Primärenergiebasis berechnet) als Gradmesser für die Umweltbelastung herangezogen (*VDI,* 1995). Die Summe der Primärenergieaufwände aus allen Phasen des Lebensweges ergibt den „Kumulierten Energieaufwand" des untersuchten Systems.
Dem Energieaufwand wird als Leitparameter für die Umweltbelastung insofern eine höhere Plausibilität als der Materialintensität zugeschrieben, als ein großer Teil der verschiedenen ökologischen Belastungen, wie Treibhauseffekt, Ozonbildung, Versauerung, humantoxische und ökotoxische Effekte, Lärm und auch der Ressourcenbedarf mehr oder weniger eng mit der Höhe des Energieeinsatzes korrelieren. (*Giegrich et al.,* 1995, S. 63)
Darüber hinaus wird beim KEA im Unterschied zum MIPS-Konzept kein Anspruch auf dessen Alleingültigkeit als Meßgröße zur Abbildung von Umweltbelastungen erhoben.

4. Methode der ökologischen Knappheiten (UBP-Methode)
(Müller-Wenk und Braunschweig)

Diese Methode der Ökobilanzierung geht auf die grundlegende Entwicklungsarbeit von *Müller-Wenk* aus den späten siebziger Jahren zurück (*Müller-Wenk,* 1978).
Ausgangspunkt für dieses Verfahren ist die Überlegung, daß sich für die verschiedenen Umweltbeanspruchungen und -belastungen unter bezug auf eine definierte Raumeinheit (ein Gemeindegebiet, eine Region, ein Staatsgebiet) Belastungsobergrenzen festlegen lassen, innerhalb der für die betroffenen Menschen und Ökosysteme keine nachhaltigen Schäden zu erwarten sind. Im Rahmen dieser Grenzen können daher Belastungen als tolerierbar angesehen werden, erst bei deren Überschreiten gelangt man in einen ökologisch-gesellschaftlich inakzeptablen Zustand.
Demgemäß wird der Grad der Umweltbelastung, etwa durch einen bestimmten Stoff oder durch andere ökologisch nachteilige Einwirkungen (Bodenversiegelung, Energieverbrauch, Deponieerfordernisse, Lärm), aus dem Verhältnis von tatsächlicher Umweltbelastung (F) zur jeweils gerade noch tolerierbaren Grenzbelastung (Fk) im betreffenden Referenzgebiet, dem sogenannten „kritischen Fluß", errechnet. Eine bestimmte Umwelteinwirkung, also z. B. die Emission eines bestimmten Schadstoffes, erhält demnach ein umso höheres ökologisches Gewicht, je größer die Abweichung der Ist-Belastung von der tolerierbaren Grenzbelastung im betreffenden Gebiet ist. Das Verhältnis von Ist-Belastung zur gerade noch tolerierbaren Grenzbelastung spiegelt so die „ökologische Knappheit" wieder.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Für jede Art der Umwelteinwirkung wird aus diesem Verhältnis nach folgender Formel ein „Öko-Faktor" errechnet (Ahbe/Braunschweig/Müller-Wenk, 1990, S. 24).

$$\text{OeF} = \frac{1}{Fk} \times \frac{F}{Fk} \times c \left(\frac{\text{Öko-Punkte}}{\text{g Schadstoff}} \right)$$

wobei gilt:

Fk = Grenze der tolerierbaren Belastung im betrachteten Gebiet (kritischer Fluß).
F = tatsächliche derzeitige Belastung im betreffenden Gebiet.
c = 10^{12} dimensionsloser Faktor zur Vermeidung von Zahlenwerten mit hoher negativer Zehner-Potenz.

Der Faktor $\frac{1}{Fk}$ soll dazu dienen, die sehr großen Unterschiede bei den Absolutwerten der maximal tolerierbaren Grenzmengen verschiedener (Schad)stoffe mit zu gewichten. Auf diese Weise wird bei Stoffen mit sehr hohen Grenzmengen (wie z. B. CO_2) der Öko-Faktor im Verhältnis zu Stoffen mit sehr niedrigem kritischen Fluß (z. B. Schwermetalle) rechnerisch stark verkleinert, und umgekehrt. Offensichtlich ist beabsichtigt, mit diesem Faktor eine Art überschlagsmäßiger Gewichtung der verschiedenen Stoffe entsprechend ihrer unterschiedlichen stoffspezifischen Gefährlichkeit vorzunehmen.

Um nun nach dieser Methode das Gesamtsausmaß der Umweltbelastung durch eine technische Anlage, ein Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung zu bestimmen, müssen die dabei anfallenden Mengen an (Schad)stoffen oder sonstigen Belastungen mit den jeweiligen, für sie angegebenen Öko-Faktoren multipliziert werden. Die Multiplikationswerte werden als sogenannte „Umweltbelastungspunkte" bezeichnet, welche wiederum – über alle Belastungen aufsummiert – die unter ökologischen Knappheitsgesichtspunkten gewichtete Gesamtbelastung des untersuchten Systems widerspiegeln. Die Summenwerte der „Umweltbelastungspunkte" ermöglichen schließlich einen Vergleich verschiedener Prozesse, Produkte und Dienstleistungen hinsichtlich ihrer relativen ökologischen Belastung (*Abhe/Braunschweig/Müller-Wenk,* 1990, S. 7 u. S. 31).

Tabelle 2 veranschaulicht die Anwendung dieser Methode anhand einer ökologischen Bewertung der schweizerischen Strombereitstellung nach Umweltbelastungspunkten.
Die Vorteile dieser Methode liegen vor allem in ihrer hohen Praktikabilität. Abgesehen davon, daß über alle Umweltbelastungen hinweg ein einziger Bewertungs- und Berechnungsmodus zum Einsatz kommt, macht zudem die von den Verfassern stark eingegrenzte Zahl der betrachteten Umwelteinwirkungen das Verfahren leicht handhabbar.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Auf der anderen Seite liegt gerade darin ein Problem, daß wesentliche Belastungseinflüsse, wie etwa die Schwermetalle oder krebserregende Substanzen in dieser Methode keinerlei Berücksichtigung finden.

Kritisch anzumerken ist aber auch, daß die Festlegung der tolerierbaren Belastungsmaxima („kritischen Flüsse") von den Verfassern in keinerlei Weise erläutert bzw. sachlich begründet wird. Ebenso ist die qualitative Gewichtung der Stoffflüsse durch den Faktor 1/Fk wissenschaftlich nicht begründbar und auch vom Ansatz her nicht nachvollziehbar.

Hinzu kommen noch andere, bereits in Zusammenhang mit der Analogiemethode genannte Probleme einer Vollaggregation. So wird hier besonders augenfällig, daß das relative Gewicht der einzelnen Belastungsbereiche, also etwa der Beitrag der Luftbelastung oder der Wasserbelastung zur Gesamtbelastung, maßgeblich von der Zahl der betrachteten Parameter abhängt, welche hier wiederum eher willkürlich

	Fk	F	Ökofaktor	Belastung je kWh erzeugtem Strom	Belastung in UBP je kWh Strom
Luftverunreinigung					
NOx (als NO2)	67.200 t	191.000 t	42 (UBP pro g)	1,24 g	52
SOx (als SO2)	54.400 t	68.000 t	23	2,50 g	57,5
COx (als CO2)	34,700.000 t	43,400.000 t	0,036	442,00 g	16
HC (ohne Methan)	146.000 t	308.000 t	14	2,12	30
Wasserbelastung					
DOC (in C)	88.000 t	89.000 t	12 (UBP pro g)	0,000480 g	0,058
Cl	4,420.000 t	511.000 t	0,026	0,000017 g	0,000
Nitrat (in N)	251.000 t	57.000 t	0,91	0,000071 g	0,000
Sulfat (SO4)	4,420.000 t	1,500.000 t	0,077	0,000282 g	0,000
Ammonium (in N)	22.000 t	5000 t	10	0,000509 g	0,005
Abfall					
Siedlungsabfall	4,500.000 t	4,500.000 t	0,22 (UBP pro g)	49,00 g	11
Energieeinsatz					
Netto-Energieaufwand			1	5,92 MJ	5,9
Total					**172,4**

Quellen: *Abbe/Braunschweig/Müller-Wenk,* 1990, S. 7 und *Braunschweig/Müller-Wenk,* 1993, S. 174.

Tabelle 2: Anwendung der UBP-Methode am Beispiel Strombereitstellung in der Schweiz.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
gewählt sind. Die logische Folge davon ist, daß wichtige Belastungsaspekte, wie das Abfallaufkommen oder der Energieeinsatz, welche beide nur durch eine Größe vertreten sind, in der Gesamtbewertung stark unterrepräsentiert sind und folglich die realen Verhältnisse eindeutig verzerrt wiedergegeben werden.
Solchen methodischen Defiziten ist auf der anderen Seite entgegenzuhalten, daß diese Methode als einzige bei der Bewertung von Umwelteinflüssen die im Einwirkungsraum bereits bestehenden Belastungen einbezieht, wogegen bei den anderen Verfahren ökologische Hintergrundbelastungen zumeist unberücksichtigt bleiben bzw. in der Bewertung nicht explizit vorgesehen sind.

5. Methode der wirkungsorientierten Klassifikation (CML-Methode)

Die CML-Methode (entwickelt am Centrum voor Milieukunde an der Universität Leiden), stützt sich auf Grundlagenarbeiten der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) (*Klöpffer/Renner,* 1995, S. 22 ff.) und zeichnet sich gegenüber den vorher erörterten Verfahren dahingehend durch eine grundlegende Besonderheit aus, daß sie Umwelteinwirkungen nicht rein medienbezogen abbildet, also etwa als Luft-, Wasser- oder Bodenbelastungen, sondern diese medienübergreifend und darüber hinaus wirkungsbezogen darstellt.
Das heißt, daß die verschiedenen, in der Sachbilanz ermittelten Umweltbeanspruchungen direkt unter dem Aspekt ihrer möglichen ökologischen Effekte betrachtet und bewertet werden.
Auf der Ebene der Sachbilanz werden zuerst, wie bei anderen Bilanzierungsansätzen auch, die Umwelteinwirkungen (ökologische Inputs und Outputs) durch das zu bewertende System erfaßt.
In einem weiteren Schritt erfolgt dann die Zuordnung der einzelnen quantitativ erfaßten Umwelteinwirkungen (etwa der diversen Schadstoffe) zu den entsprechenden Wirkungskategorien (siehe Tab. 3).
Dabei werden Einwirkungen, die zu mehreren unterschiedlichen Umweltauswirkungen führen können, gleichzeitig in mehreren Kategorien berücksichtigt. Demzufolge werden z. B. die FCKW zweifach, nämlich zum einen unter der Wirkungskategorie „Treibhauseffekt" und zum anderen unter der Rubrik „Ozonschichtzerstörung" bewertet. Stickoxideemissionen wiederum werden den Kategorien Versauerung, Photooxidantienbildung, Human- und Ökotoxizität und Überdüngung zugewiesen und dort jeweils differenziert bewertet.

In einem dritten Schritt werden dann die verschiedenen Emissionen gemäß ihrem spezifischen Schädigungspotential innerhalb der einzelnen Wirkungskategorien mit einem Äquivalenzfaktor multipliziert. Auf diese Art werden z. B. sämtliche Emissionen von klimawirksamen Gasen (Methan, Distickstoffoxid, FCKW etc.) entsprechend ihrem relativen Treibhauseffekt, gemessen am Kohlendioxid, in CO_2-Äquiva-

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Auswirkungen		Meßdimensionen/Meßgrößen			
Ressourcen					
abiotische Ressourcen	$\sum_i$	Ressourcenverbrauch i / abbaubare Ressourcen i			
biotsche Ressourcen	$\sum_i$	jährliche Neuproduktion i / abbaubare Ressourcen i	×	Ressourcenverbrauch i / abbaubare Ressourcen i	× (a^{-1})
Flächenverbrauch		Flächenbedarf f. Prozeß / Produktion pro Jahr			
Emission					
Treibhauseffekt		Global Warming Potential		(kg CO_2-Äquivalent)	
Ozonschichtzerstörung		Ozone Depletion Potential		(kg FCKW R-11-Äquivalent)	
Humantoxizität		Toxizitätsfaktoren f. Luft, Wasser, Boden		(kg Körpergewicht)	
Ökotoxizität		Terrestrische Toxizität Aquatische Toxizität		(kg Boden) (m^3 Wasser)	
Versaueruung		Acidifikationspotential		(kg SO_2-Äquivalent)	
Oxidantienbildung		Photochem. Ozon-bildungspotential		(kg Äthylenäquivalent)	
Überdüngung		Eutrophierungspotential		(kg PO_4-Äquivalent)	
Strahlung		Ionisationspotential		(kg Körpergewicht)	
Abwärme		MJ in Wasser			
Lärm		Noise Exposure Time		Schalldruck (Pa) / Grenzwert (pa)	× t
Geruch		Odour Treshold Value		(m^3 Luft)	
Physische Ökosystem-Beeinträchtigung		Ökosystem-Entwertung nach Klassen			
Landschaftsbild		Landschaftsveränderung nach Klassen			

Quelle: *Hofstetter/Braunschweig,* 1994, S. 231
Tabelle 3: Ökologische Wirkungskategorien der CML-Methode.

lenten ausgedrückt, während etwa alle die Ozonschicht zerstörenden Schadstoffe in FCKW R11-Äquivalenten abgebildet werden.
Aus der Gewichtung der verschiedenen Einwirkungen mittels Äquivalenzgrößen und deren Addition innerhalb der einzelnen Wirkungskategorien erhält man für jede Kategorie eine „Umweltbelastungskennzahl"
Auf diese Weise können Produkte, Prozesse und Dienstleistungen hinsichtlich ihrer Belastungsunterschiede in den einzelnen ökologischen Wirkungskategorien miteinander verglichen werden. Dabei erlaubt diese Methode auch, lokal oder regional

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at
vorhandene Hintergrundbelastungen in den Bewertungsvorgang miteinzubeziehen.
Der ursprünglichen Intention nach sollte bei dieser Methode die Maßzahlenbildung auf die Ebene der Wirkungskategorien beschränkt bleiben, also keine Zusammenführung der Kategorienwerte zu einem Gesamtindex erfolgen. Die Gesamtbewertung hätte demnach auf diskursivem Wege zu erfolgen.
In der Zwischenzeit gibt es jedoch bereits mehrere methodische Ansätze, die auf eine Vollaggregierung im Rahmen dieses Verfahrens abzielen. (*Braunschweig et al.,* 1994, S. 34 ff.). Am bekanntesten ist darunter das VNCI-Modell des Niederländischen Verbandes der Chemischen Industrie zur Produkt-Ökobilanzierung (*Giegrich,* 1995, S. 39 ff.).

Von allen hier dargestellten Methoden bildet die CML-Methode die ökologischen Einflüsse durch Produkte, Prozesse und Systeme zweifellos am umfassendsten ab. Trotz des Umstandes daß, gemessen an der realen Belastungsvielfalt, letztendlich nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an ökologischen Einwirkungen erfaßt wird, ist das Kriterium der Vollständigkeit dennoch insofern erfüllt, als im Gegensatz zu den anderen diskutierten Verfahren im CML-Modell keine bedeutende Wirkungskategorie fehlt. (*Braunschweig et al.,* 1994, S. 30.)
Andererseits wiederum wirkt sich die hohe Zahl der einbezogenen Einzelwirkungen (insgesamt mehrere hundert) auf die Praktikabilität des Verfahrens nachteilig aus.
Die Transparenz dieser Methode ist als hoch zu bezeichnen, da die Vielzahl an relevanten Umwelteffekten für die ökologische Bewertung in eine überschaubare Anzahl von Wirkungskategorien zerlegt ist. Der Bewertungsvorgang und die Gewichtung der einzelnen Einwirkungen innerhalb der Wirkungskategorien sind im allgemeinen gut nachvollziehbar. Lediglich die Wirkungsbereiche Toxizität, Geruchsbelästigung und die Ökosystem- bzw. Landschaftsbeeinträchtigung sind noch nicht hinreichend eindeutig definiert bzw. begründet.
(*Giegrich et al.,* 1995, S. 48 f.)
Wenngleich sich in der Praxis bisher noch kein Ökobilanzkonzept eindeutig durchsetzen konnte, läßt sich jedoch absehen, daß die CML-Methode aufgrund ihrer zunehmend breiter werdenden internationalen Anerkennung künftig zu einer Art Standardmethode der Ökobilanzierung werden dürfte. Dies erscheint insofern auch naheliegend, als dieses Verfahren die an Ökobilanzen gestellten Anforderungen der Vollständigkeit, der Transparenz und der Praktikabilität in Summe am besten erfüllt.
Dies geht auch aus Abb. 3 hervor, welche abschließend einen zusammenfassenden Überblick über die Leistungsmerkmale der hier erörterten Methoden der Ökobilanzierung bietet.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

	Vollständigkeit	Transparenz	Praktikabilität
Kritische Volumina/ Analogiemethode	**0** Bewertung nur von Emissionen	+++ Bewertungsvorgang einfach und klar; Grenzwerte umstritten	+++ Überschaubare Zahl an Einwirkungen; Datenbasis vorhanden
MIPS-Methode	**0** keine Berücksichtigung chemischer Risiken	++ Bewertungsvorgang sehr einfach	+ Datengrundlagen nur sehr begrenzt vorhanden
UBP-Methode	++ geringe Auswahl an Umwelt einwirkungen; Ressourcen berücksichtigt	++ Bewertungsvorgang leicht nachvollziehbar; Gewichtung fragwürdig	++ geringe Zahl an Umwelteinwirkungen; lokale bzw. regionale Daten oft nicht verfügbar
CML-Modell	+++ alle wichtigen Wirkungskatgeorien einbezogen	+++ trotz großer Zahl an Umwelteinwirkungen übersichtlich und nachvollziehbar	++ wegen der Berücksichtigung von sehr vielen Einzeleinwirkungen eingeschränkt

Abb. 3: Leistungfähigkeit verschiedener Ökobilanzmodelle im Überblick.

Quellennachweis

Ahbe, S./Braunschweig, A./Müller-Wenk, R. (1990): Methodik für Ökobilanzen auf der Basis der ökologischen Optimierung. BUWAL-Schriftenreihe Umwelt Nr. 33. Bern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft).

Biet, J. et al. (1992): Ökobilanzen für Produkte. Bedeutung – Sachstand – Perspektiven. Umweltbundesamt Berlin. Texte Nr. 38/92. Berlin.

Braunschweig et al. (1994): Evaluation und Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden für Ökobilanzen – Erste Ergebnisse. IÖW-Diskussionsbeitrag Nr. 19 (Institut für Wirtschaft und Ökologie an der Hochschule St. Gallen).

Braunschweig, A./Müller-Wenck, R. (1993): Ökobilanzen für Unternehmungen. Eine Wegleitung für die Praxis. Bern, Stuttgart, Wien (Verlag Paul Haupt).

Bundesamt für Umweltschutz Bern (Hrsg.) (1984): Ökobilanzen von Packstoffen. Schriftenreihe für Umweltschutz Nr. 24/1984. Bern.

Giegrich, J. et al. (1995): Bilanzbewertung in produktbezogenen Ökobilanzen. Evaluation von Bewertungsmethoden, Perspektiven. In: Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen, Umweltbundesamt Berlin, Texte Nr. 23/95. Berlin.

Habersatter, K. (1991): Ökobilanzen von Packstoffen. Stand 1990. BUWAL-Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 132/91. Bern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft).

Hofstetter, P./Braunschweig, A. (1994): Bewertungsmethoden in Ökobilanzen – ein Überblick. In: GAIA 3 (1994), Nr. 2.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Klöpffer, W./Renner, I. (1995): Methodik der Wirkungsbilanz im Rahmen von Produkt-Ökobilanzen unter Berücksichtigung nicht oder nur schwer quantifizierbarer Umwelt-Kategorien. In: Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen, Umweltbundesamt Berlin, Texte Nr. 23/95. Berlin.

Malinsky, A. H. (1988): Umweltvorsorge – Politik für die Zukunft. In: Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 76. Jg. (1988), H. 3.

Metzger, A. G. (1987): Zur Problematik der Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei der investitionsrechnerischen Beurteilung von Luftreinhaltemaßnahmen. Dissertation an der Universität Mannheim.

Müller-Wenk, R. (1978): Die ökologische Buchhaltung. Frankfurt und New York 1978.

Preimesberger, C. (1995): Öko-Rucksack. In: ECO-Letter, Tourismus- und Umweltinformationen für die Praxis. Ausgabe 5/6, Sept. 1995.

Priewasser, R. (1995): Are Biofuels more Environmentally Compatible than Fossil Fuels? A Formal Procedure for Comparative Evaluation. In: Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry, Vol. 2 (Ph. Chartier, A. C. M. Beenackers, G. Grassi, eds.) Oxford, New York, Tokyo (Pergamon).

Sage, J. (1994): Industrielle Abfallvermeidung und deren Bewertung am Beispiel der Leiterplattenherstellung. Graz (Verlag für die Technische Universität Graz).

Schaltegger, S./Sturm, A. (1992): Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen. Bern (Verlag Paul Haupt).

Schmidt-Bleek, F. (1993): Ohne De-Materialisierung kein ökologischer Strukturwandel. In: Jahrbuch Ökologie 1994. München 1993 (Verlag C. H. Beck).

Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin, Basel, Boston (Birkhäuser Verlag).

Suter, P./Hofstetter, P. (1989): Die ökologische Rückzahldauer. In: Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 49/89, S. 1342–1346.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (1995): Entwurf zur VDI-Richtlinie 4600 „Kumulierter Energieaufwand – Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden" Düsseldorf.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

Bisher in dieser Broschürenreihe erschienen:

1 Otto Koenig, Heimtierhaltung im Dienst von Erziehung und Bildung, 1985, Wien.
2 Max Liedtke, Technik – Erlösung oder Sündenfall des Menschen. Zum Problem der Humanität in der technischen Entwicklung, 1985, Wien.
3 Kurt Schimunek, Wasserwirtschaftliche Begleitmaßnahmen im Zusammenhang mit der Errichtung von Donaukraftwerken, 1985, Wien.
4 Gerhard Fasching, Werkstoffwissenschaft und Umweltforschung, 1986, Wien.
5 Hans S. Schratter, Josef Trauttmansdorff, Gartenteich – Schulteich, 1986, Wien.
6 Wilhelm Kühnelt, Gibt es Prioritäten im Umweltschutz? 1986, Wien.
7 Otto Koenig, Grundriß eines Aktionssystems des Menschen, 1986, Wien.
8 Max Liedtke, Der Mensch und seine Gefühle, 1987, Wien.
9 Gerald Dick, Peter Sackl, Einheimische Amphibien – verstehen und schützen, 1988, Wien.
10 Helmut Kukacka, Gerald Dick, Hans Peter Kollar, Hans Schratter, Josef Trauttmansdorff, Gerhard Fasching, Otto Koenig, Uwe Krebs, Max Liedtke, 1. Tagung des wissenschaftlichen Beirates – Vortragstexte, 1989, Wien.
11 Hans Peter Kollar, Arten- und Biotopschutz am Beispiel der Großtrappe *(Otis tarda L.)*, 1988, Wien.
12 Helmut Kroiss, Siegfried Schwarzl, Peter Brauchl, 2. Tagung des wissenschaftlichen Beirates – Vortragstexte, 1989, Wien.
13 Otto Koenig, Das Institut für angewandte Öko-Ethologie, 1990, Wien.
14 Hans Peter Kollar, Marianne Seiter, Biber in den Donau-Auen östlich von Wien – Eine erfolgreiche Wiederansiedlung, 1990, Wien.
15 Gerald Dick, Fließgewässer, Ökologie und Güte – verstehen und bestimmen, 1990, Wien.
16 Otto Koenig, Konrad Lorenz, Oskar Heinroth, Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden, 1990, Wien.
17 Kurt Schimunek, Roswitha Kobzina-Renner, Wolfgang Hosiner, Biotope im Bereich der Österreichischen Donaukraftwerke, 1990, Wien.
18 Otto Schober, Ökologisches Verhalten als Unterrichtsprinzip, Beispiel: Deutschunterricht und Ökologie, 1991, Wien.
19 Josef Trauttmansdorff, Ethologie und Ökologie des Kormorans *(Phalacrocorax carbo)* an der Österreichischen Donau, 1992, Wien.
20 Josef Trauttmansdorff, Workshop „Der Kormoran", Versuch einer Konfliktlösung zwischen Naturschutz und Fischerei, Fachvorträge und Ergebnisse, 1993, Wien.
21 Christian-Dietrich Schönwiese, Siegfried Schwarzl, Klimaänderung/CO_2/Ozon, 6. Tagung des wissenschaftlichen Beirates, 1994, Wien.
22 H. Mohr, W. Koenne, Technikfolgenabschätzung, 7. Tagung des wissenschaftlichen Beirates, 1994, Wien.
23 Josef Trauttmansdorff, Gudrun Wassermann, Sukzessionen eines anthropogen geschaffenen Feuchtbiotops.
24 Volker Stahlmann, Heidemarie Glöckner, Reinhold Priewasser, „Ökobilanzen", 8. Tagung des wissenschaftlichen Beirates, 1996, Wien.

© Verein für Ökologie und Umweltforschung; download unter www.zobodat.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Umwelt - Schriftenreihe für Ökologie und Ethologie

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: 24

Autor(en)/Author(s): Stahlmann Volker, Glöckner Heidemarie, Priewasser Reinhold

Artikel/Article: "Ökobilanzen" 8. Tagung des wissenschaftlichen Beirates. 1-55