

# Ökobilanz und MIPS: Vergleich zweier Umweltmasse

Albert ZIMMERMANN und Gérard GAILLARD, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

**Unter den Methoden zur ökologischen Beurteilung von Produkten und Prozessen beinhaltet die Ökobilanzierung eine Analyse der Energie- und Stoffflüsse im Hinblick auf konkrete Umweltprobleme. Die MIPS-Methode summiert als Indikator für die Umweltbelastung einzig die Gewichte aller bewegten Materialien. Zwar erschweren die differenzierten Aussagen der Ökobilanz eine eindeutige Gesamtbewertung, die eindimensionale Grösse des Materialinputs stellt aber bisher keine zuverlässige Grösse dar, um Umweltbelastungen in der Landwirtschaft zu beurteilen.**

In den vergangenen Jahrzehnten hat die allgemeine Sensibilisierung für Umweltaspekte zugenommen. Während vorerst direkte, lokale Gefährdungen durch einzelne Schadstoffe im Vordergrund standen, richtete sich das Interesse seit den achtziger Jahren auch auf die Tragweite globaler Wirkungen. Zur ökologischen Beurteilung von Produkten und Prozessen wurden Methoden der Ökobilanzierung entwickelt, die verschiedenartige Auswirkungen auf die Umwelt betrachten und dabei auch indirekte Wirkungen, zum Beispiel durch vorgelagerte Produktionsstufen, miteinbeziehen. Der damit verbundene Aufwand und die bestreitbare Aggregation unterschiedlicher Umweltwirkungen (Umweltprobleme) waren Anlass für die Entwicklung von einfachen, aber dennoch zuverlässigen Indikatoren. So orientiert sich das vom Wuppertal Institut vorgeschlagene MIPS-Konzept an den Materialbewegungen (MIPS: Materialinput pro Serviceeinheit).

## Ökobilanz

Hauptziele der bereits in zahlreichen Fallstudien angewandten Ökobilanz sind genaue Kenntnisse über die Umweltwirkungen des untersuchten Systems und fundierte Entscheidungsgrundlagen für ökologisch ausgerichtete Massnahmen. Infolge der vielfältigen Stoffflüsse und Umweltwirkungen entstanden verschiedene Vorgehensweisen und Gewichtungsmethoden, die teilweise zu gegensätzlichen Ergebnissen führten. 1993 wurde durch die Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), einer internationalen Berufsorganisation, der «Code of

Practise» mit einheitlichen Leitlinien geschaffen (Consoli *et al.* 1993). Seit 1996 ist die Erarbeitung von ISO-Normen im Gange, die sich im wesentlichen an diese Leitlinien anlehnen (ISO 1996).

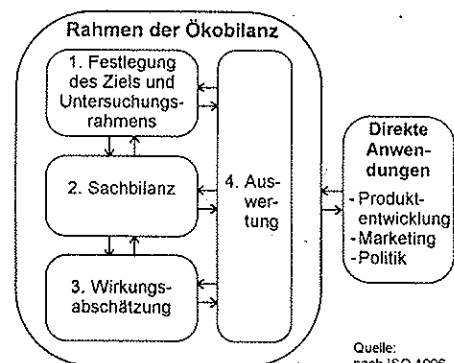
Die Durchführung einer Ökobilanz kann in vier Schritte unterteilt werden (Abb. 1): Mit dem ersten Schritt werden Ziel und Untersuchungsrahmen festgelegt. Letzteres umfasst die genaue Beschreibung des Systems, der Annahmen und der Einschränkungen. Der zweite Schritt, die Sachbilanz, beinhaltet die Quantifizierung der relevanten Input- und Outputflüsse, bezogen auf eine Produkteinheit beziehungsweise auf die funktionelle Einheit. Als Wirkungsabschätzung wird der dritte Schritt, die Zuordnung der Sachbilanzdaten zu Umweltwirkungen sowie die allfällige Aggregation dieser Wirkungen, bezeichnet. Im vierten Schritt erfolgt die Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse als Grundlage für direkte Anwendungen. Während des Ablaufs der Untersuchung können neue Aspekte zu Anpassungen an den bereits durchgeführten Schritten führen. Um die Anforderungen der ISO-Norm zu erfüllen, müssen vergleichende Ökobilanzen zudem durch eine kritische Begleitung überprüft werden.

Erste Ökobilanzen im Bereich der Landwirtschaft wurden ab 1992 in den Niederlanden und der Schweiz erstellt (Koudijs 1995). Sie analysierten vorerst verschiedene Produkte oder Prozesse des Pflanzenbaus (z.B. Jolliet 1993a, 1993b; Jolliet *et al.* 1993, Büchel 1993). Später wurden auch tierische Produkte, einzelne Betriebe oder der landwirtschaftliche Sektor eines Landes insgesamt untersucht. Dabei fand eine laufende Verbesserung und Verfeinerung der Methodik statt, sowohl bezüglich landwirtschaftsspe-

zifischer Aspekte als auch in allgemeinen Fragen wie der Art der Wirkungsabschätzung. Zudem führten gemeinsame Aktionen verschiedener europäischer Institutionen zu einer teilweisen Harmonisierung der Methodik im Bereich der Landwirtschaft (Audsley *et al.* 1997). Auch an der Forschungsanstalt Tänikon wird das Konzept der Ökobilanz im Rahmen von Fallstudien weiterentwickelt. Eine Untersuchung über nachwachsende Rohstoffe beinhaltet unter anderem die Erweiterung der Wirkungskategorien um die Bereiche Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt, verzichtet aber auf eine ökologische Gesamtbewertung (Wolfensberger und Dinkel 1997).

## MIPS

Die Materialintensität MIPS wurde 1994 vom deutschen Wuppertal Institut als praktikabler und richtungssicherer Indikator für die Umweltbelastung vorgeschlagen (Schmidt-Bleek 1994). MIPS gibt den zur Bereitstellung einer Produkt- oder Dienstleistungseinheit erforderlichen Materialinput an, das heisst das Gewicht aller dabei vom Menschen mindestens einmal bewegten Stoffe. Der sogenannte «ökologische Rucksack» eines Produktes kann dessen Eigenmasse um ein Vielfaches übersteigen. Grundannahme des Konzeptes ist, dass die Ausmasse der heutigen Materialverschiebungen das ökologische Gleichgewicht der Erde verändern und so als generelle Ursache negative Reaktionen in der Umwelt auslösen. Im Vergleich zum Ener-



Quelle:  
nach ISO 1996

Abb. 1. Schritte einer Ökobilanz.

gieverbrauch ist der Materialinput somit eine umfassendere Grösse. Zur Restabilisierung der Ökosphäre müsste die Wirtschaft in den Industrieländern gemäss Schmidt-Bleek um einen Faktor 10 dematerialisiert werden, was mit technischen Neuerungen und einem Wandel des heutigen Wohlstandsbegriffs als erreichbar erscheine. Ein Ziel ist somit die Erhöhung der Ressourcenproduktivität, der inversen Grösse von MIPS. Ergänzend zu MIPS schlägt der Autor die Berechnung einer Flächenbelegung vor, die analog den bewegten Materialien zur Masszahl FIPS aggregiert wird.

Konventionen über die Durchführung einer Materialintensitäts-Analyse sind im MAIA-Handbuch festgelegt (Schmidt-Bleek *et al.* 1996). Zur Berechnung von MIPS werden zuerst alle direkt in Produkte einflussenden oder für Hilfsmittel benötigten Stoffe entlang der Prozesskette verfolgt, und zwar vom Eintritt in die Technosphäre als Rohstoffe bis zur Wiedereinlassung in die Ökosphäre als Verlust- oder Abfallstoffe. Dabei sind im weiteren auch alle übrigen aus dem natürlichen Zustand entnommenen beziehungsweise dort aktiv bewegten Materialien gemäss festen Regeln zu erfassen. Im Vergleich zur Ökobilanz ist das Vorgehen bis zur Aufstellung der Sachbilanz ähnlich, wobei an die Stelle zahlreicher Emissionen einige zusätzliche Materialbewegungen treten. Die Darstellung dieses Materialinputs erfolgt aufgeteilt in fünf Gruppen (Tab. 1), eine weitere Aggregation oder Gewichtung dieser Gruppen ist nicht vorgesehen. Für den Bereich der Landwirtschaft bestehen noch kaum Ergebnisse von MIPS-Analysen. Untersuchungen über verschiedene Verfahren der Weinproduktion sind in Bearbeitung (Patzwahl 1997), erfordern aber wegen der erstmaligen Erhebung zahlreicher Sachbilanzdaten einen erheblichen Aufwand. Teile davon, zum Beispiel über Düngemittel oder Bodenbearbeitungsverfahren, sind auch für andere Betriebszweige verwendbar und werden somit zukünftige Arbeiten vereinfachen. Im Ackerbau dürfte ein Grossteil des Materialinputs auf die Kategorie der landwirtschaftlichen Bodenbewegungen entfallen und eine im Vergleich zur Ökobilanz unterschiedliche Bedeutung der mechanischen Bodenbearbeitung zur Folge haben.

## Ökobilanz- und MIPS-Methode im Vergleich

Der Detailvergleich der beiden Methoden erfolgt anhand der Schritte einer gemäss ISO-Norm durchgeführten Ökobilanz.

**Tab. 1. Materialinput-Kategorien bei der MIPS-Analyse**

1. Abiotische Rohmaterialien	Mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger, Bodenaushub
2. Biotische Rohmaterialien	Genutzte pflanzliche Biomasse (Nutztiere: pflanzliche Inputs)
3. Landw. Bodenbewegungen	Mechanisch bearbeiteter Boden in der Land- und Forstwirtschaft
4. Wasser	Der Natur entnommenes oder gestautes Grund- Oberflächenwasser
5. Luft	Chemisch veränderte Luft, z.B. durch Verbrennung

Quelle: nach Schmidt-Bleek *et al.* 1996

Der erste Schritt beinhaltet die **Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen** (Tab. 2). Für das MIPS-Konzept bestehen entsprechende Regeln erst teilweise.

■ Das Ziel einer Ökobilanz ist zu beschreiben und zu begründen. Die gleiche Anforderung könnte auch an eine MIPS-Analyse gestellt werden.

■ Die im Untersuchungsrahmen zu definierende Bezugsgrösse oder funktionelle Einheit trägt im MIPS-Konzept die Bezeichnung Serviceeinheit. Damit liegt die Betonung bei der anvisierten Dienstleistungsfunktion, die nicht unbedingt an ein bestimmtes Produkt gebunden sein muss. Bezüglich der Verwendung der Begriffe bestehen aber keine Unterschiede.

■ Bei der Festlegung der Systemgrenzen schliessen beide Konzepte grundsätzlich den gesamten Lebensweg eines Produktes oder einer Dienstleistung mit ein, das heisst von der Rohstoffförderung bis zur Abfallbehandlung oder «von der Wiege bis zur Bahre».

■ Allokationsverfahren sind nötig, wenn ein Prozessschritt gleichzeitig mehrere Hauptprodukte oder Haupt- und Nebenprodukte hervorbringt, so dass eine Zuordnung der Stoff- und Energieflüsse beziehungsweise des Materialinputs erfolgen muss. Bei der Ökobilanz dienen dazu je nach Situation verschiedene Verfahren. In erster Linie ist das Substitutionsprinzip anzuwenden, das einem der Produkte diejenigen Flüsse zuweist, die bei einer alternativen Erzeugung dieses Produktes entstehen. Wenn sich dieses Prinzip nicht eignet, gelangen Aufteilungskriterien wie die Masse oder der ökonomische Wert zur Anwendung. Bei MIPS steht im Falle von Hauptprodukten das Massenverhältnis als Allokationsverfahren im Vordergrund. Wenn neben einem Hauptprodukt auch Nebenprodukte oder rezyklierbare Reststoffe entstehen, werden letzteren nur die Materialinputs für deren Qualitätsverbesserung und Weiterverarbeitung zugerechnet. Der Aufwand für diejenigen Reststoffe, die als Abfall zu entsorgen sind, verbleibt bei den Hauptprodukten.

■ Die Wirkungskategorien und die Methode der Wirkungsabschätzung sind nur

bei der Ökobilanz festzulegen, denn die MIPS-Analyse untersucht keine spezifischen Umweltwirkungen.

■ Beide Methoden erfordern Beschreibungen der Daten, zum Beispiel bezüglich Genauigkeit oder Repräsentativität. Zeitliche und räumliche Aspekte spielen dabei für Emissionswirkungen eine grössere Rolle als für Materialbewegungen.

■ Eine kritische Begleitung zur Überprüfung der Untersuchung ist im MIPS-Konzept bisher nicht vorgesehen.

■ Der Aufbau des Untersuchungsberichts muss bei der Ökobilanz bestimmten Kriterien genügen, die grundsätzlich auch auf das MIPS-Konzept übertragbar sind.

Die **Sachbilanz** ist im allgemeinen der aufwendigste Teil der Untersuchung. Im Ökobilanz- wie im MIPS-Konzept wird das betrachtete System in miteinander verbundene Einzelprozesse aufgeteilt (Abb. 2). Der Aufbau eines solchen Netzwerkes hängt von der konkreten Fragestellung ab. Für die einzelnen Prozessschritte sind Produktionsfaktoren oder Hilfsmittel erforderlich, bei deren Herstellung bereits Emissionen beziehungsweise Materialbewegungen aufgetreten sind. Entsprechende Daten sind für viele solcher häufig benötigten Inputfaktoren verfügbar. Sie gehen zusammen mit den direkt an den Prozessschritt gebundenen Emissionen beziehungsweise Materialbewegungen in die Berechnung ein. Alle übrigen während des Prozessschrittes entstehenden Stoffe sind bis zu ihrem Wiedereintritt in die Umwelt weiterzuverfolgen, sofern sie nicht als Wertstoffe das System verlassen.

**Tab. 2. Erster Schritt der Ökobilanz: Ziel und Untersuchungsrahmen**

### Aspekte des Ziel

■ Gründe, Zielgruppe, Anwendung

### Aspekte des Untersuchungsrahmens

■ Funktionen des Systems, funktionelle Einheit

■ Systemgrenzen

■ Allokationsverfahren

■ Wirkungskategorien,

Methode der Wirkungsabschätzung

■ Anforderungen an die Daten

■ Art der kritischen Begleitung

■ Aufbau des Berichts

Quelle: nach ISO 1996

Das resultierende Umweltinventar umfasst bei der Ökobilanz mindestens 20 verschiedene Emissionsgrößen (bzw. entsprechende Positionen wie Ressourcenverbrauch), im MIPS-Konzept dagegen lediglich die nach fünf Stoffgruppen geordneten Materialbewegungen. Die Quantifizierung einer Ökobilanz ist besonders als Folge der zahlreichen Emissionsmessungen deutlich aufwendiger. Eine Bereitstellung von häufig benötigten Teilmodulen kann aber beide Methoden stark vereinfachen. So werden abgeschlossene MIPS-Analysen mit allen zur Nachvollziehbarkeit notwendigen Angaben in einer zentralen Datenbank gesammelt. Für Ökobilanzen ist der Zugriff auf Datenbanken bisher nur in einzelnen Bereichen möglich (zum Beispiel Weibel und Stritz 1995; Habersatter und Fecker 1996; Frischknecht *et al.* 1996; Gaillard *et al.* 1997).

Die **Wirkungsabschätzung** einer Ökobilanz beurteilt die Ergebnisse der Sachbilanz bezüglich wichtiger Umweltwirkungen. Drei Teilschritte sind zu unterscheiden: Die Klassifizierung bezeichnet die Zuordnung der Sachbilanzdaten zu den einzelnen Wirkungskategorien, die Charakterisierung modelliert die Beziehungen innerhalb dieser Kategorien und die Bewertung vereinigt die verschiedenen Umweltwirkungen zu einer Größe. Weil die Wirkungsabschätzung besonders mit der Bewertung subjektive Elemente enthält, muss das Vorgehen transparent dargestellt werden. Verschiedene angewandte Verfahren zeigen deutliche Unterschiede in den Ergebnissen (Braunschweig 1996). Häufig wird auch auf den Teilschritt der Bewertung verzichtet (zum Beispiel in Wolfensberger und Dinkel 1997). Der zeitliche Aufwand für die Kalkulationen auf der Grundlage vorhandener Sachbilanzdaten ist gering. Im MIPS-Konzept entfällt der Schritt der Wirkungsabschätzung, auch eine Zusammenfassung der fünf Stoffgruppen wird bisher nicht vorgeschlagen.

Der Schritt der **Auswertung** im Rahmen der Ökobilanz stellt Grundlagen für Folgerungen und Entscheidungsfindungen bereit. Er beinhaltet die Zusammenfassung der Ergebnisse mit Einbezug von Sensitivitätsanalysen. Dieser Schritt ist grundsätzlich auch auf das MIPS-Konzept übertragbar, wobei das Ziel der Dematerialisierung beziehungsweise der Erhöhung der Ressourcenproduktivität im Vordergrund steht. Wenn zusätzlich zur Umweltverträglichkeit das umfassendere Kriterium der Nachhaltigkeit zu beurteilen ist, bedürfen beide

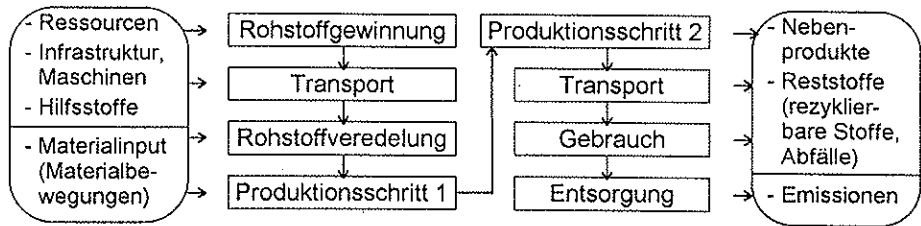


Abb. 2. Vereinfachtes Beispiel einer Prozesskette.

Methoden ergänzender ökonomischer und sozialer Aussagen.

### Teilweise unterschiedliche Ergebnisse

Die Methodenentwicklung ist gegenwärtig weder für die Ökobilanzierung noch für die MIPS-Analyse abgeschlossen. Ergebnisse sind erst fallweise verfügbar, MIPS-Werte im Bereich der Landwirtschaft fehlen sogar gänzlich. Ein Vergleich erfolgt deshalb anhand von MIPS-Analysen über verschiedene Stromerzeugungssysteme, unter Einbezug der gesamten Prozessketten von der Rohstoffförderung bis zur Abfallbehandlung (Manstein 1995). Für solche Systeme lassen sich ohne grossen Zusatzaufwand auch Ökobilanzen berechnen, weil die dazu notwendigen, umfangreichen Sachbilanzdaten verfügbar sind (Frischknecht *et al.* 1996). Im folgenden Vergleich interessieren nur die wesentlichen Unterschiede in den Ergebnissen, weshalb auf eine Beschreibung der zugrundegelegten Systeme verzichtet wird. Die verwendeten Angaben basieren auf Verhältnissen in Deutschland, mit Ausnahme der Ökobilanzen der Laufwasserkraftwerke, die mittlere europäische Werte darstellen.

Abbildung 3 zeigt die MIPS-Werte für die Erzeugung von 1 MWh Strom in verschiedenen Kraftwerken. Von den fünf Stoffkategorien sind die biotischen Rohstoffe und die landwirtschaftlichen Bodenbewegungen nicht aufgeführt, weil diese vernachlässigbar gering ausfallen. In allen übrigen drei Kategorien erreicht der Materialinput beim Braunkohlekraftwerk die höchsten Werte, der Input abiotischer Rohstoffe beträgt im Vergleich zum ölthermischen Kraftwerk sogar fast das Vierzigfache. Dies ist vor allem auf die umfangreichen Materialbewegungen bei der Braunkohleförderung zurückzuführen. Deutlich geringere Materialintensitäten weist das Laufwasserkraftwerk aus. Der tiefe Wasserinput ergibt sich, weil bei nicht künstlich angelegten Flussläufen nur die jährliche Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Wasserstand gezählt wird.

Zur Darstellung von Ökobilanzen dieser Systeme beinhaltet Abbildung 4 eine Charakterisierung bezüglich einer Auswahl wichtiger Umweltwirkungen. Die Berechnung beruht auf rund 100 Positionen der erwähnten Sachbilanzdaten, für die mittels Wirkungsfaktoren (in Wolfensberger und Dinkel 1997) zugehörige Umweltwirkungen quantifiziert werden. Innerhalb dieser Umweltkategorien ist jeweils der höchste Wert auf 100 % gesetzt, das heisst die Zahlen erlauben keinen Vergleich zwischen den einzelnen Kategorien. Zum Nachweis von gesicherten Unterschieden sind bei den fünf Kategorien in der rechten Hälfte der Abbildung Differenzen von etwa 40 % nötig, bei den vier übrigen Kategorien reichen infolge besser abgesicherter Grundlagen 20 % (Wolfensberger und Dinkel 1997). Die geringsten Werte erreicht wie bei der Materialintensität das Laufwasserkraftwerk. Dagegen ist die Stellung des Braunkohlekraftwerks weniger klar. Im Vergleich zum ölthermischen Kraftwerk bestehen zwar beispielsweise bezüglich Treibhauseffekt und Abfall gesicherte Mehrbelastungen, die Ressourcenausschöpfung dagegen erreicht dasselbe Ausmass und für die Kategorien Lufttoxizität und Flächenbedarf ergeben sich tiefere Werte. Letzteres ist unter anderem durch die Beanspruchung von belebtem Meeresboden bei der Exploration des Erdöls bedingt.

### Beurteilung der beiden Methoden

Die teilweise abweichenden Ergebnisse der beiden Methoden sind eine Folge der unterschiedlichen Sichtweisen. Die Ökobilanz untersucht einzelne Stoffe und ihre Auswirkungen auf aktuelle Umweltprobleme. Das MIPS-Konzept dagegen betrachtet mit den Materialflüssen eine allgemeine Ursache aller Emissionen und Umweltwirkungen. Aussagen über die Richtigkeit der Ergebnisse sind kaum möglich, denn beide Methoden geben nur ein unvollständiges beziehungsweise vereinfachtes Bild des Umweltgeschehens, das zudem subjektiv unterschiedlich auf-

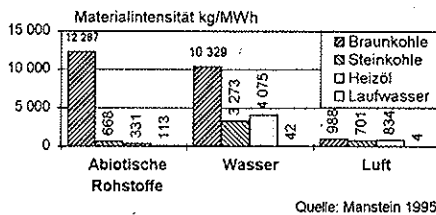


Abb. 3. Materialintensität verschiedener Stromerzeugungssysteme

gefasst und bewertet wird. Tabelle 3 enthält eine Übersicht über die Vor- und Nachteile der Methoden.

Die Ökobilanz stützt sich auf wissenschaftliche Erkenntnisse über die ökologischen Wirkungszusammenhänge und berücksichtigt direkt die unterschiedlichen Bedeutungen verschiedener Umweltwirkungen (zum Beispiel Toxizität, Bodenfruchtbarkeit, Artenvielfalt). Demgegenüber vernachlässigt MIPS solche Unterschiede und vertraut auf die Hypothese der Umweltrelevanz von Materialbewegungen.

Von der Vielzahl verschiedener Emissionen kann die Ökobilanz nur einen Teil erfassen. Trotz der ständigen Verbesserung der Wissensgrundlage besteht eine Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Bedeutung von neuen oder heute noch wenig beachteten Emissionen und Umweltwirkungen. Eine besondere Schwierigkeit stellt die Gewichtung der verschiedenen Umweltwirkungen dar, zumal diese zeitlich und räumlich unterschiedlich dimensioniert sind und subjektiv ungleich beurteilt werden. Dagegen folgt die MIPS-Analyse einer Berechnungsweise mit einheitlicher Masseinheit und führt zu leicht vermittelbaren Ergebnissen. Allerdings erschwert die Unterscheidung in fünf Stoffgruppen die Interpretation, so besonders im Bereich der Landwirtschaft, wo im Gegensatz zu anderen Bereichen ein bedeutender Teil des Materialinputs auf die Bodenbearbeitung und die Biomasse entfällt.

Mit ihren differenzierten Ergebnissen stellt die Ökobilanz eine Grundlage für gezielte Massnahmen zu konkreten Umweltwirkungen dar. Demgegenüber lassen MIPS-Werte nur generelle Aussagen

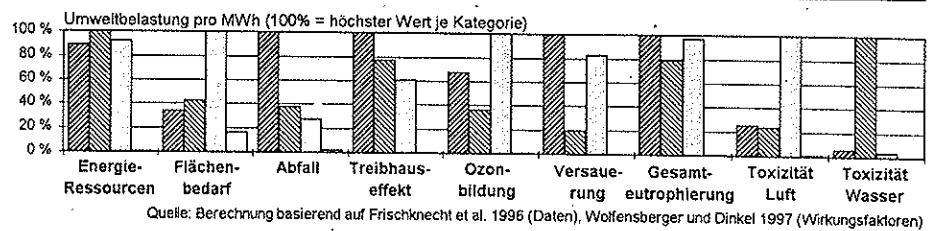


Abb. 4. Umweltwirkungen verschiedener Stromerzeugungssysteme

zur Bewertung und Verminderung der Umweltbelastung zu.

Die Ökobilanz verlangt einen hohen Erhebungs- und Berechnungsaufwand. Im Vergleich dazu vereinfacht die Beschränkung auf bewegte Massen die Durchführung und erleichtert damit eine verbreitete Anwendung.

Der Aufwandaspekt könnte im Falle einer Automatisierung der Methoden zukünftig an Bedeutung verlieren. Bisher erfolgt der Aufbau einer zentralisierten Datenbank nur für das MIPS-Konzept, für Ökobilanzen kann erst in wichtigen Bereichen auf Teilmodule zurückgegriffen werden.

Während die Ökobilanz in westlichen Industrieländern bereits standardmässig angewendet wird (ISO 1996), steht die internationale Anerkennung der MIPS-Methode noch aus.

### MIPS ist noch keine Alternative zur Ökobilanz

Die Ökobilanz verbessert die Kenntnisse über die Umweltwirkungen verschiedener Produkte oder Dienstleistungen und ermöglicht damit die Gestaltung gezielter Massnahmen zur Verringerung dieser Wirkungen. Den Vorteilen solcher differenzierter Aussagen stehen aber gleichzeitig die Nachteile der subjektiven Gesamtbewertung sowie des hohen Aufwands gegenüber. Das MIPS-Konzept liefert mit seiner festgelegten Berechnungsweise einfache kommunizierbare Resultate mit klarer Einheit. In den Materialbewegungen kommen aber unterschiedliche Umweltwirkungen, zum Beispiel durch die Toxizität von Stoffen, nicht zum Ausdruck, und die Regeln zur Ermittlung der

fünf Stoffgruppen lassen besonders für den Bereich der Landwirtschaft grundlegende Einwände offen. Aus heutiger Sicht ist deshalb die Ökobilanz als zuverlässigere Methode zu beurteilen. Die Materialintensität könnte allenfalls in einem ersten Überblick als «Screening»-Indikator auf die entscheidenden Bereiche hinweisen (Weidenhaupt und Christiansen 1997), als Alternative zur umfassenden Ökobilanz erscheint sie aber nicht geeignet, solange die Hypothese der Umweltrelevanz nicht in ausreichendem Masse bestätigt ist.

### LITERATUR

Das Literaturverzeichnis kann beim Erstautor angefordert werden.

### RÉSUMÉ

#### Comparaison entre Écobilan et MIPS

Deux méthodes de mesure de la charge environnementale sont comparées: Un avantage de la bilan écologique réside dans la différenciation des résultats, qui permet la prise de mesures ciblées pour des impacts environnementaux définis. Un jugement environnemental global requiert cependant une procédure d'évaluation subjective. Le concept MIPS (*Mass Input per Service unit*), malgré un engagement en moyens plus réduit et une communicabilité des résultats simplifiée, ne peut satisfaire comme alternative tant que la pertinence environnementale des déplacements anthropogènes de matières n'est pas prouvée.

### SUMMARY

#### Comparison between LCA and MIPS

Two methods for assessing environmental impacts are compared: One advantage of the LCA method (*Life Cycle Assessment*) is the differentiation of the results, which allows measures to be focused on specific environmental impacts. However, any global assessment requires a subjective valuation procedure. Despite a reduced input of means and a simplified way of communicating the results, the MIPS concept (*Mass Input per Service unit*) cannot be considered as an alternative as long as the environmental relevance of anthropogenic material movements is not proved.

**KEY WORDS:** environmental life cycle assessment (LCA), MIPS, environmental impact, material flux, energy

Tab. 3. Vor- und Nachteile von Ökobilanz und MIPS

	Ökobilanz	MIPS
Methode, Ergebnisse	+ Wissenschaftliche Analyse der Wirkungen - Subjektive Gesamtbewertung + Wirkungsgerichtete Massnahmen	- Umweltrelevanz von MIPS als Hypothese + Einheitliches Mass (5 Kategorien) - Materialinput als generelle Zielgrösse
Berechnung	- Aufwand hoch - Standardmodule nur für wichtige Bereiche + International verbreitete Methode	+ Aufwand verringert + Zentrale Datenbank im Aufbau - Methode noch wenig bekannt