

Sachbilanzierung der Landnutzung im Hinblick auf aktuelle Bewertungsverfahren

21. September 2001, ETH Zürich (GEP-Pavillon)

Input-Papers für Workshops

Workshop 1: Landnutzung in Land- und Forstwirtschaft

Gérard Gaillard, Philippe Jeanneret, Hans-Rudolf Oberholzer, Beatrice Schüpbach und Peter Weisskopf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz

Klaus Richter, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf

Ein Diskussionspapier zum Workshop „Landnutzung in der Sachbilanzierung land- und forstwirtschaftlicher Prozesse im Rahmen von Ecoinvent 2000“ am 21. September 2001 im Rahmen des Diskussionsforums Ökobilanzen

1. Besonderheiten der Land- und Forstwirtschaft beim Thema Landnutzung

Auf Land- und Forstwirtschaft entfällt der grösste Teil der Landnutzung in der Welt. Diese Flächennutzungsarten stehen oftmals in der öffentlichen Kritik, durch ihre Bewirtschaftungsmethoden massiv in die Natur einzugreifen, obwohl sie im Vergleich zu anderen Nutzungen (z.B. Siedlungen, Tagebau, Strassen) die Flächen weniger stark beeinträchtigen. Deshalb ist es wichtig, die Umweltwirkung speziell dieser Flächennutzungsarten zu erfassen, abzuschätzen und anderen Flächennutzungsarten gegenüberzustellen. Aber auch innerhalb der Land- und Forstwirtschaft reicht die Palette der in der Praxis anzutreffenden Landnutzungen von intensiven bis zu naturnahen Bewirtschaftungsformen, so dass auch hier eine Differenzierung und Abgrenzung angebracht ist.

Im Rahmen der Ökobilanzierung von Produkten aus Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen sowie von Nahrungs- und Futtermitteln ist die sachgerechte Erfassung und Bewertung der Landnutzung essentiell, weil Produktion und Bereitstellung der Basisressourcen und damit ein wichtiger Teil des Lebenszyklus weitgehend unmittelbar in bzw. auf Flächen der natürlichen Umwelt erfolgt.

2. ECOINVENT-Vorschlag für die Sachbilanzierung der Landnutzung für land- und forstwirtschaftliche Prozesse in allgemeinen, nicht sektorenspezifischen Ökobilanzen

Nach Vorschlag des Punktes 51 der Qualitätsrichtlinien für das Projekt Ecoinvent 2000 soll Landnutzung als Flächeninanspruchnahme erfasst und in den Sachbilanzen aufgenommen werden. Dieser Ansatz folgt prinzipiell dem Vorgehen im Rahmen des Projektes <Oekoinventare für Energiesysteme> (Frischknecht et al., 1995) und versucht, die Nutzung von Flächen zu erfassen, indem die zeitliche Beanspruchung durch eine bestimmte Nutzungsart und Intensität der Beanspruchung quantifiziert wird. Dem Vorschlag entsprechend sind Angaben zum Gebrauch einer Fläche ($m^2 \cdot a$) und zur Umwandlung (m^2) von ursprünglich unberührten Systemen für einmalige Nutzungen kurzer Zeitdauer erforderlich.

Tabelle 1: Kategorien der Flächennutzung für Ecoinvent 2000 (gemäss Qualitätsrichtlinie 51 zum Projekt Ecoinvent)

Ecoinvent 2000	Eco-Ind. 99	Bsp. ESU	Systemkategorie	Flächenkategorie
				e

Tagebau	Industrial area	Tagebauminen		
Siedlungen zusammenhängend	continuous urban land		Bebaut	IV
Siedlungen unterbrochen	discontinuous urban land		Bebaut	IV
Industriearéal	industrial area	Raffinerien, Werke KVAs, Deponien etc.	Bebaut	IV
Verkehrswege	rail/road area	Strassen, inkl. Bankette, Bahntrasse	Bebaut kultiviert	IV III
Ackerbau intensiv	conventional arable land		Kultiviert	III
Ackerbau IP	integrated arable land		Kultiviert	III
Ackerbau bio	organic arable land		kultiviert	III
Wiese intensiv	Meadow intensive		kultiviert	III
Wiese IP	Meadow integrated		modifiziert	II
Wiese bio	Meadow organic		modifiziert	II
Wald	forest land	Waldnutzung CH	kultiviert modifiziert natürlich	III II I
Indirekt beeinflusst		Grundwasserabse- nkungen, Austrocknungen Gewässer	kultiviert	III
Benthos zugeord.		Bohrleitungen von Offshore- Plattformen	Benthos IV	IV

Es werden in der Qualitätsrichtlinie die in der Tabelle 1 dargestellten Kategorien und Zuordnungen vorgeschlagen. Aus Sicht der Agrar- und Forstwissenschaften sind sie als vorläufig einzustufen. Einige Bezeichnungen, der gewählte Detaillierungsgrad Einerseits ist das methodische Vorgehen, die Flächenbeanspruchung direkt auf die funktionelle Einheit einer Ökobilanz zu beziehen, in

hohem Masse operabel, andererseits ist sie aber kein Mass für die Umweltwirkungen, die durch das betrachtete Flächennutzungssystem verursacht werden. Die Überführung und Bewertung der Kennzahlen im Rahmen der Wirkungsabschätzung ist noch nicht endgültig festgelegt. Unabhängig davon scheint der Begriff Landnutzung bzw. Flächenbeanspruchung sowohl für die land- als auch die forstwirtschaftlichen Prozesse als nicht umfassend genug, weil hier neben den reinen Nutzungsklassen vor allem auch Auswirkungen der Bewirtschaftungsformen auf die Biodiversität, die Bodenfruchtbarkeit und das Landschaftsbild erfasst werden müssen.

Daraus ergibt sich, dass eine Anpassung des ECOINVENT-Vorschlags erforderlich ist. Diese sollte einerseits einen angemessenen und ausgeglichenen Detaillierungsgrad anstreben (z.B. ähnliches Vorgehen für Land- und Forstwirtschaft), andererseits zum Ziel haben, möglichst lückenhaft alle Arten von Nutzungsklassen (z.B. bei den Wasserflächen, relevant für die Fischerei; die vom Menschen nicht benutzten Flächen, relevant für Referenzsysteme) zu erfassen.

In den folgenden beiden Kapiteln werden die heutigen Erkenntnisse zur Thematik der Landnutzung und den damit verbundenen Wirkungskategorien für die Bereiche Landwirtschaft und Forstwirtschaft erläutert. Selbst wenn lediglich westeuropäische Verhältnisse berücksichtigt werden, sollten sie einer fruchtbaren Diskussion dienen.

3. Sachbilanzierung für Ökobilanzen landwirtschaftlicher Aktivitäten in Bezug auf die Landnutzung

3.1. Grundsätzliche Anmerkungen

3.1.1 Landnutzung hinsichtlich Sachbilanzierung und Wirkungsabschätzung

In der agrarökologischen Forschung beschreibt der Begriff Landnutzung (land use) die Art und Weise, wie der Mensch die Erdoberfläche benutzt: Landwirtschaftszweig, Weide, Wiesentyp usw. Eine Änderung der Landnutzung besteht entweder aus einer Nutzungsänderung (zum Beispiel von Ackerbau zu Gemüsebau) oder einer Intensitätsänderung (z.B. von extensiv zu intensiv). Die Landnutzung beeinflusst hauptsächlich drei Wirkungskategorien¹:

- Bodenfruchtbarkeit (des eigentlichen bewirtschafteten Bodens)
- Biodiversität
- Landschaftsbild.

Sie ist demzufolge als Teil der Sachbilanzierung anzusehen, die für die Wirkungsabschätzung landwirtschaftlicher Prozesse bezüglich dieser drei Wirkungskategorien herangezogen wird. Sie ist hingegen keineswegs einer Wirkungskategorie gleichzustellen. Dafür müssen Methoden zur Wirkungsabschätzung gemäss der ISO-Norm 14'042 und dem Stand der Kenntnisse entwickelt bzw. bereitgestellt werden².

Angesichts der grossen Unterschiede zwischen den drei erwähnten Wirkungskategorien, nicht zuletzt in bezug auf die Untersuchungsebene (von der Parzelle bis zum regionalen Lebensraum), ist es anzunehmen, dass diese Methoden in ihren Zügen wesentliche Differenzen aufweisen. Dadurch werden die Spezifikationen für die in der Sachbilanz zu erhebenden Daten, inklusive Informationen zur Landnutzung, unterschiedlich.

Konkret werden die Spezifikationen durch zwei Hauptfaktoren bestimmt:

- Anforderungen der ausgewählten Methoden zur Wirkungsabschätzung
- Datenverfügbarkeit (sei es aus Gründen der Machbarkeit oder der Kosten).

Um die Kluft zwischen diesen beiden Polen zu schliessen muss gleichzeitig und mit der selben Kraft an der Vereinfachung der Methoden und dem Ausbau der erhobenen Daten gearbeitet werden. Weder sehr komplexe, leider nicht anwendbare Methoden noch sehr

¹ Abgesehen von der Frage der Erdoberfläche beurteilt als knappe, limitierte Ressource.

² Ein solches Vorhaben ist Teil des FAL-Projektes „Grundlagen der Ökobilanzierung in der Landwirtschaft“.

rudimentäre Daten, welche keinen Einsatz wissenschaftlich anerkannter Methoden ermöglichen, sind hilfreich.

Das jetzige Vorgehen im Projekt ECOINVENT berücksichtigt von der Sachlogik dieses Projektes fast ausschliesslich die Seite der Datenerhebung und kann deshalb nur einen Teil des Problems lösen.

3.1.2 Grenzen des Begriffs Nutzungsklasse

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen aus der Ökobilanzierung vorwiegend industrieller Prozesse dient die Zuordnung einer Fläche zu einer Nutzungsklasse als Grundlage zur Ermittlung der Sachbilanzdaten für die Thematik „land use“. Hinsichtlich der Anwendung der Ökobilanzierung auf landwirtschaftliche Aktivitäten innerhalb von grösseren Produktionsprozessen liegt der Hauptnutzen von Nutzungsklassen in der

- Bereitstellung einer für den ganzen Lebenszyklus kohärenten Sachbilanz für Prozesse, die auch landwirtschaftliche Aktivitäten beinhalten
- Ermöglichung einer vollständigen Wirkungsabschätzung für Prozesse, deren landwirtschaftliche Komponente offensichtlich zweitrangig ist (wie zum Beispiel Autos mit Ledersitz oder Treibstoffmischungen mit geringem Anteil an Naturöl).

Wenn hingegen die landwirtschaftlichen Aktivitäten eine wichtige Rolle im analysierten Lebenszyklus ausmachen (zum Beispiel Nahrungsmittel oder Naturtextilien), oder wenn Lebenszyklen verglichen werden, bei denen die landwirtschaftlichen Aktivitäten unterschiedlich ausgestattet sind, kommt man nicht herum, dass die Biodiversität, das Landschaftsbild und die Bodenfruchtbarkeit

- zwar durch die eigentliche Nutzungsart bedingt werden,
- aber von Bewirtschaftungsmassnahmen ebenfalls abhängig sind.

Hinsichtlich der praktischen Umsetzung der Sachbilanzierung wird zu diesem zweiten Punkt zwischen zwei Arten von Positionen³ unterschieden:

- Positionen, die für andere Umweltwirkungen schon ermittelt werden müssen, wie zum Beispiel der Verbrauch an Pestiziden (wegen der Ökotoxizität usw., aber auch wegen der Biodiversität) oder die Baudimensionen eines Gewächshauses (wegen des Bedarfs an nicht erneuerbaren Energien usw., aber auch wegen des Landschaftsbildes)
- Positionen, die extra für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit, der Biodiversität oder des Landschaftsbildes herangezogen werden müssen, wie zum Beispiel die Bereifung eines landwirtschaftlichen Fahrzeuges oder die Vernetzungsdichte der angebauten Flächen.

Ohne zusätzliche Positionen ausser der blossen Nutzungsklasse besitzt leider eine Beurteilung der Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit, die Biodiversität oder das Landschaftsbild für Prozesse mit einem relevanten Anteil an landwirtschaftlichen Aktivitäten die erwünschte Wissenschaftlichkeit nicht. Die Vereinbarkeit mit der ISO-Norm 14'042 ist fraglich und die Akzeptanz durch die wissenschaftliche Gemeinschaft wird nicht gegeben.

3.2. Stand der Erkenntnisse

3.2.1 Nutzungsklassen

Die Grenzen des Begriffs Nutzungsklasse sind bekannt, jedoch ist es ebenfalls unumstritten, dass

- die in Entwicklung stehenden bzw. schon bereitgestellten Methoden zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit, der Biodiversität und des Landschaftsbildes noch nicht die

³ Oder Indikatoren oder Kriterien

Anerkennung besitzen, die für eine entsprechende Ergänzung der Positionen der Sachbilanz aller Module im Projekt ECOINVENT nötig ist

- die Erhebung der für landwirtschaftliche Prozesse benötigten Daten in der Regel zu aufwendig ist, um ohne weiteres propagiert werden zu können. Ein Ausgleichsprozess mit anderen Sektoren, die einer erheblichen Landnutzung bedürfen, wie die Forstwirtschaft, der offene Bergbau, die Freizeitaktivitäten oder der Tourismus, wäre zudem nötig, um einen ähnlichen Detaillierungsgrad zu erreichen
- die Landwirtschaft manchmal nur einen geringen Anteil am Lebenszyklus ausmacht, was in einem solchen Fall die ausschliessliche Verwendung des Begriffs Nutzungsklasse für die Sachbilanzierung zulässt.

In dieser Hinsicht lohnt es sich, bestehende Vorschläge zur Landnutzung zu verbessern. Neben den allgemeinen Nutzungsklassen zur Beurteilung ganzer industrieller Prozesse mit landwirtschaftlichem Anteil (übergeordnete Nutzungsklassen) gibt es verfeinerte Nutzungsklassen (untergeordnete Nutzungsklassen), deren Merkmale jeweils von den Methoden zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit, der Biodiversität und des Landschaftsbildes abhängen. Diese Situation stellt die besonders schwierige Frage des geeigneten Detaillierungsgrads.

Vier Hauptkriterien sind bei der Festlegung eines Systems von Nutzungsklassen für landwirtschaftlich benutzte Böden einzuhalten. Die Nutzungsklassen müssen:

- mit jenen kohärent sein, die für andere Sektoren bestimmt werden
- hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit, der Biodiversität und des Landschaftsbildes eindeutige Unterschiede ermöglichen⁴
- jeweils für sich betrachtet hinsichtlich Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild einheitlich sein
- von Bewirtschaftungsmassnahmen unabhängig sein⁵.

Eine erste Schätzung der ökologischen Bedeutung einer Nutzungsklasse hinsichtlich der Wirkungskategorien Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild ist hinsichtlich der Eignungsprüfung des gewählten Systems und der Auswertung von Sachbilanzdaten gemäss den ISO-Normen 14040 und folgenden nützlich. Es muss jedoch klargemacht werden, dass nur mit der zusätzlichen Berücksichtigung ausgewählter Bewirtschaftungsmassnahmen eine wissenschaftlich vertretbare Wertung der Wirkung auf Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit oder Landschaftsbild erfolgen kann. Aus diesem Grund ist eine Spannbreite der Wertung innerhalb einer Nutzungsklasse unvermeidlich.

Die Tabelle 2 wird zum Einsatz im Projekt ECOINVENT vorgeschlagen. Sie ist als Kompromisslösung anzusehen.

3.2.2 Methodische Ansätze

Die Entwicklung von Methoden zur Wirkungsabschätzung für die Bereiche Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild ist wegen folgender Aspekte besonders komplex:

- Umstrittene Definition der Wirkungskategorien und der Rolle der einzelnen Einflussgrössen (u.a. Auswahl der relevanten direkten und indirekten Indikatoren)

⁴ Bei der Festlegung eines Systems von Nutzungsklassen muss sichergestellt sein, dass bei der Zuordnung der feineren Nutzungsklassen auf die gröberen Nutzungsklassen innerhalb der einzelnen Wirkungskategorien (Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild) nicht grössere Wertungsunterschiede zwischen den untergeordneten Nutzungsklassen innerhalb einer übergeordneten Nutzungsklasse entstehen als zwischen zwei benachbarten übergeordneten Nutzungsklassen: Zum Beispiel können die Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit innerhalb einer Nutzungsklasse „intensiver Ackerbau“ viel unterschiedlicher sein als zwischen Durchschnittswerten der Nutzungsklassen „intensiver Ackerbau“ und „extensiver Ackerbau“.

⁵ Diese Forderung ist eine logische Konsequenz von der Tatsache, dass unter anderem Ökobilanzen der ökologischen Beurteilung von Bewirtschaftungsmassnahmen dienen sollen. Die Merkmale „biologisch“ oder „konventionell“ sind daher für die Bestimmung einer Nutzungsklasse in einer Ökobilanz nicht zulässig.

- Komplexe Auswertung (auf Stufe direkte Indikatoren, wegen der Wechselwirkungen zwischen ihnen und den Annahmen zur Berücksichtigung der Rahmenbedingungen)
- Schwierig quantitativ erfassbare Einflussgrößen.

Daher geht es nicht nur darum, ein wie in der ISO-Norm 14032 beschriebenes Vorgehen technisch sauber und wissenschaftlich korrekt anzuwenden, sondern auch einen Konsens in der Wissenschaftsgemeinschaft zu finden, wie überhaupt Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild zu werten sind und gemäss welchen Prozessen landwirtschaftliche Aktivitäten auf sie wirken. Zudem erzwingt die Tatsache, dass aus Machbarkeitsgründen die Einflussgrößen im Rahmen einer Ökobilanz in der Regel nicht erhoben werden können, auf komplexe, mit vielen Annahmen behaftete Modelle zurückzugreifen, was die Konsensbildung unter den Fachspezialisten erschwert.

Tabelle 2: Nutzungsklassen und deren potentielle Auswirkungen auf Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild von 1 bis 5. 1 stellt die negativste Auswirkung dar. Die Nutzungsklassen beziehen sich auf die Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN).

Nutzungsklasse	Geschätzter Wert je nach Bereich			Beispiele
	Bodenfruchtbarkeit	Biodiversität	Landschaftsbild	
Bebaute landwirtschaftliche Flächen ⁶	1	2	1-2	Bauernhöfe, Ställe, Treibhäuser, Silos
Intensiv genutzte Flächen mit angebauten Direktkulturen	2-5	1-3	1-2	Intensiver Obst- und Weinbau
Intensiv genutzte Flächen mit dauerhaftem Grasland	3-5	1-3	2	Intensives und mittelintensives Grasland
Intensiv genutzte Flächen mit häufiger Nutzungsänderung: a) Vielfältige Fruchtfolgen ⁷ b) Monotone Fruchtfolgen ⁸	2-5	2 1	1-2 1	Gemüse- Futter- und Ackerbau innerhalb einer Fruchtfolge, Gärten
Extensiv genutzte Flächen ⁹ a) auf dauerhaft Grünland b) in Fruchtfolgen	4-5	4-5 3-4	3-4	a) Extensives Grünland b) Angebaute Brachen in Fruchtfolgen
Kaum bewirtschaftete Flächen	5	4-5	4	Alpweiden, halbnatürliches Grasland, feuchte und trockene Flächen
Nicht bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen	5	5	5	Hecken, Uferzonen, Schonstreifen, Ruderal ¹⁰ - und Sukzessionsflächen ¹¹ , nicht bewirtschaftete Feucht- und Trockenflächen

Im Anhang werden die Methodenansätze kurz erläutert, die im Rahmen des FAL-Projektes „Grundlagen der Ökobilanzierungen“ zur Anwendung kommen. Mehrere Kolleginnen und Kollegen des Forschungsinstituts für Biolandbau (FiBL), der eidgenössischen Forschungsanstalten für Pflanzenbau (RAC), Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) sowie Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), der landwirtschaftlichen Beratungszentralen SRVA und LBL und der Vogelwarte in Sempach beteiligen sich aktiv an diesen Arbeiten.

Von den im Anhang aufgeführten Erläuterungen wird ersichtlich, dass die Landnutzung nur einen kleinen Teil der Problematik abdeckt. Die Ergebnisse sind nicht vollständig – die entsprechenden Projekte sind für Ende 2003 terminiert.

⁶ Könnte mit einer Nutzungsklasse „gewerblich benutzte bebaute Fläche“ zusammengefasst werden.

⁷ Beispiel: Hackfrucht, Sommergetreide, Leguminosen, Wintergetreide

⁸ Beispiel: Weizen, Weizen, Raps, Weizen, Gerste

⁹ Könnte mit einer Nutzungsklasse „forstwirtschaftlich genutzte Wälder“ gleichgestellt werden

¹⁰ Ruderalflächen sind Flächen mit gestörten Vegetationsgesellschaften, wie Wegränder.

¹¹ Sukzessionsflächen sind Flächen mit aufgegebener Bewirtschaftung, deren Vegetationsgesellschaft sich in Richtung Klimaxgesellschaft entwickeln, d.h Richtung der den ökologischen Gegebenheiten angepasste Vegetationsgesellschaft.

4. Sachbilanzierung für Ökobilanzen forstwirtschaftlicher Produkte in Bezug auf die Landnutzung

In den letzten Jahren sind in der Diskussion um die Landnutzungsfrage bei forstwirtschaftlichen Prozessen zwei Ansätze entwickelt und vorgeschlagen worden, die nachfolgend als Diskussionsgrundlage kurz vorgestellt werden.

Schweinle (2000) untersucht und beurteilt zunächst einige in der Literatur vorgestellte Ansätze zur Erfassung und Bewertung der Flächennutzung, die er in zwei Gruppen einordnet (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Von Schweinle (2000) untersuchte Ansätze zur Erfassung und Bewertung der Landnutzung

Methoden ,die mittels Indikatoren beurteilen, in welchem Mass Land-/Forstwirtschaft oder Naturraum bestimmte <u>Funktionen erfüllen</u>	Methoden, die auf einer <u>Klassifizierung</u> nach der Naturnähe beruhen (Hermeobiekonzept)
<ul style="list-style-type: none"> • Methode zur Interation der Naturrauminanspruchnahme in Ökobilanzen – IKP (Baitz et al. 1998) • Evaluation of Land Use in LCA – Chalmers/CMP(Swan 1998) • Flächenbilanzierung ESU (Frischknecht et al. 1995) 	<ul style="list-style-type: none"> • LCA Graphic Paper and Print Products (Springer Verlag et al. 1998) • Operationalisierung der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung IFEU (Giegrich und Sturm, 1996)

Schweile (2000) kommt zur Erkenntnis, dass die Ansätze grundsätzlich zur Integration in die bestehende Ökobilanzmethodik geeignet erscheinen, aber noch einige Defizite aufweisen. So stützen die klassifizierenden Ansätze im Rahmen der Sachbilanz nicht wie in ISO 14040ff gefordert auf quantitativen, sondern auf qualitativen Daten ab, und die Trennung der Ökobilanzphasen (Sachbilanzierung, Wirkungsabschätzung, Interpretation) ist nicht klar erkenntlich. Die funktionalen Ansätze sind generell besser geeignet, die Umweltwirkungen unterschiedlicher Flächennutzungssysteme operational, transparent und universal zu erfassen. Schweinle (2000) erweitere die Ansätze entsprechend, indem er Indikatoren für die Wirkungsbereiche Boden (Wirkungen auf Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenbiologie), Wasser (Wirkungen auf Wasserhaushalt, Wasserqualität) und Vegetation vorschlägt. Um die Intensität der Wirkungen auf einer Fläche abbilden zu können, sind Referenzsysteme notwendig, deren Werte den Indikatorwerten gegenübergestellt werden. Schweinle (2000) schlägt hierfür die heutige potentielle natürliche Vegetation auf den untersuchten Flächen vor. Die Differenzwerte können auf die funktionelle Einheit umgelegt werden. Dadurch sind die Wirkungskategorien für Flächennutzung soweit quantifiziert, dass sie in verschiedene Bewertungsverfahren eingepasst werden können.

Im Rahmen der COST Aktion E9 'LCA of Forestry and Forest Products' befasste sich eine europäische Arbeitsgruppe mit spezifischen Aspekten der Landnutzung im Rahmen der Forstwirtschaft. Die Gruppe legt einen wesentlichen Schwerpunkt auf die Auswahl der Indikatoren, die für die Beschreibung von Landnutzungs-Einflüssen herangezogen werden sollten. Sie schlägt das Exergie-Konzept¹² als Basis für die Beurteilung von Landnutzungseffekten vor (Muys et al., 2001). Das Konzept sagt aus, dass Ökosysteme danach streben, ihr Exergie-Niveau zu maximieren, indem sie die auf sie einwirkenden Energieflüsse maximal zwischenspeichern. Die Indikatoren zur Landnutzung sollen die Eigenschaft haben, Änderungen im Exergie-Niveau von Ökosystemen zu beschreiben. Es werden zwei Gruppen von Indikatoren unterschieden. Die erste Gruppe enthält Indikatoren, die auf alle Landnutzungsformen angewendet werden können, die zweite fasst spezifisch für Forstwirtschaft anzuwendenden Indikatoren zusammen (vgl. Tabelle 4).

Über die Operationalisierung der im Indikator-Korb zusammengetragenen Zielgrößen gibt es noch wenig Vorstellungen. Klarheit herrscht insoweit, dass ein Referenzsystem festgelegt werden muss, und zwar in Abstimmung mit der jeweiligen Gesamtfragestellung der Studie.

Auf Indikatorebene kann gefolgert werden, dass die meisten der generell anwendbaren Indikatoren den Arbeiten von Baitz et al. (1998) und Schweinle (2000) entstammen. Diese wurden bereits in Fallstudien angewendet und ihr Eignungsprofil ist beschrieben. Auch zu den forstspezifischen

¹² Exergie: Der Teil der Energie eines Systems, der sich unbeschränkt in Arbeit umwandeln lässt

Indikatoren gibt es in vielen nationalen Forststatistiken genügenden Angaben. Grosse Unsicherheit herrscht nach wie vor in bezug auf Indikatoren, die geeignet sind, Änderungen im Bereich der Biodiversität zu beschreiben. Hier geht die Suche nach geeigneten Indikatoren weiter, die zusätzlich zu den spezifisch auf Forstwirtschaft anwendbaren Veränderungen des Biodiversitätszustands beschreiben. Gegenwärtig jedoch kann diese Frage nicht quantitativ in Ökobilanzen erfasst werden.

Tabelle 4: Indikatoren für Landnutzungsformen gemäss Cost E9 WG 2

Indikatoren für alle Landnutzungsformen	Indikatoren speziell für Forstwirtschaft
- Boden	- Vegetation
Bodenverdichtung, Bodenversiegelung, Zerstörung der Bodenstruktur, Bodenversauerung, Bodenüberdüngung, Bodenerosion durch Wind, Bodenfilter- und Bodenpufferfunktion, Transformationsfunktion	Waldfläche, Änderungen im Holzvorrat, Kohlenstoffumsatz, Holzverbrauch, Eintrag an Luftemissionen, Holzzuwachs/Ernteverhältnis, Schutzflächen und Genreservate, Todholzanteil und Anzahl Überhälter, Baumartenzusammensetzung
- Wasser	- Wasser
Wasserversauerung, Wasserüberdüngung, Grundwasserneubildung, Wasserbilanz	Änderungen im Nährstoffhaushalt
- Mikroklima	- Andere lebenden Biomasse
Emissionsschutzfunktion	Nichtholzprodukte
- Vegetation	
Zusammensetzung Pflanzengesellschaft, Wirkungspotential Artenzusammensetzung, Regenwasserableitung	

5. Folgerungen

1. Die Auswahl und Definition von Landnutzungsklassen soll im Rahmen der Methodenentwicklung für die Wirkungskategorien Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild erfolgen. Dabei werden Referenzsysteme in den meisten Fällen herangezogen.
2. Ein festgelegte Vorgabe der anzuwendenden Indikatoren je nach Zielvorgabe (Produkt-, Betriebsökobilanzen, Bewertung von Szenarien, usw.) und Untersuchungsrahmen (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, weitere Sektoren) ist erforderlich, wobei die Gestaltung der eingesetzten Indikatoren je nach Anwendung sehr unterschiedlich sein kann.
3. Landnutzungsklassen gehören zur Sachbilanz und sind kein Mass für die Umweltwirkungen, die durch das betrachtete Flächennutzungssystem verursacht werden. Sie müssen durch weitere Angaben zu Stoffflüssen und ausgewählten Eingriffen ergänzt werden, damit ihr Einsatz in Ökobilanzen sinnvoll ist. Dabei ist die Bewertung der Wirkungen der in der Sachbilanz quantifizierten Indikatoren weitgehend noch nicht gelöst.
4. Es sind eine Reihe von Indikatoren für Landnutzung vorgeschlagen, welche die Anforderungen an Operationalität, Transparenz und Universalität teilweise erfüllen. Anpassungen sind jedoch hinsichtlich Detaillierungsgrad und Abdeckung aller relevanten Nutzungen erforderlich. Ein Vorschlag für Nutzungsklassen im landwirtschaftlichen Bereich für westeuropäische Verhältnisse besteht.
5. Auswirkungen der Landnutzung auf Änderungen der Biodiversität, der Bodenfruchtbarkeit und des Landschaftsbildes können heute noch nicht vollständig erfasst und nicht bewertet werden. Daher sind aktuelle Überlegungen zur Definition und Auswahl von Nutzungsklassen in Ökobilanzen provisorisch und müssen einer späteren Prüfung unterzogen werden.

Literatur

Baitz M, Kreissig J, Schöch C (1998). Methode zur Integration der Naturraum-Inanspruchnahme in Ökobilanzen. Inst. für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, Universität Stuttgart.

Swan G (ed) 1998. Evaluation of land use in LCA. Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden.

Frischknecht R, Hofstetter P, Knöpfel I, Dones R, Zollinger E 1995. Ökoinventare für Energiesysteme. Schlussbericht BEW/NEFF Forschungsprojekt 'Umweltbelastung der End- und Nutzenergiebereitstellung, 2. Auflage, Zürich.

Giegrich J, Sturm K 1996. Methodenvorschlag - Operationalisierung der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung. IFEU Heidelberg

Muys et al. 2001.

Schweinle J. 2000. Methoden zur Integration des Aspektes der Flächennutzung in der Ökobilanzierung. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg Nr. 202.

Springer Verlag AG, STORA, CANFOR 1998. LCA Graphic Paper and Print Products. Axel Springer Verlag Hamburg.

Anhang

FAL-Methoden zur Berücksichtigung von Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaftsbild in Ökobilanzen

A1 Bodenfruchtbarkeit

Die Beurteilung der Wirkung einer landwirtschaftlichen Aktivität auf die Bodenfruchtbarkeit erfolgt anhand direkter Indikatoren, d.h. messbarer physikalischer, chemischer und biologischer Bodeneigenschaften. Diese direkten Indikatoren werden aufgrund folgender Kriterien ausgewählt. Sie müssen:

- in direktem Zusammenhang mit einer Bodenfunktion stehen
- durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden
- gemäss der Definition „Bodenfruchtbarkeit“ der Verordnung des Bundesrates über Belastungen des Bodens (VBBO, 1998) interpretierbar sein
- mit einer anerkannten Methode messbar sein
- kurzfristig nicht reversibel sein.

Ausserdem sollen nicht mehrere Indikatoren mit ähnlichem Informationsgehalt eingesetzt werden. Ausgewählt wurden die physikalischen Indikatoren „physiologische Gründigkeit“, „Groporenvolumen“ und „Aggregatstabilität“, die chemischen Indikatoren „C_{org}-Gehalt“, „Gehalt der Schwermetalle Kadmium, Kupfer und Zink“ und „Gehalt an organischen Schadstoffen“ sowie die biologischen Indikatoren „Regenwurm biomasse“, „mikrobielle Biomasse“ und „Aktivität der Mikroorganismen“.

In einer Ökobilanz kann mit diesem Set an direkten Indikatoren der Zustand der Bodenfruchtbarkeit aus praktischen Gründen nicht bestimmt werden. Deshalb wurde die Methode durch eine Abschätzung der Auswirkungen von Bewirtschaftungsmassnahmen auf die direkten Indikatoren ergänzt. Demzufolge werden die Bewirtschaftungsmassnahmen als indirekte Indikatoren verwendet und sind Bestandteil der Sachbilanzierung. Die Auswirkungen der Bewirtschaftungsmassnahmen auf die direkten Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit werden z.T. quantitativ (z.B. Schadstoffflüsse, Bodendruck von landwirtschaftlichen Maschinen) und z.T. kategorial (z.B. Anteil von bestimmten Kulturen) abgeleitet. Die Beurteilung erfolgt aufgrund von Expertenwissen und Literaturangaben.

Die Methode soll mittelfristige Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit als Folge von Bewirtschaftungseinflüssen beschreiben können, damit sich auch langsam veränderbare Eigenschaften sowie die Auswirkungen regenerierender Prozesse erfassen lassen. Die Methode wird zur Zeit für gesamtbetriebliche Anwendungen getestet. Für eine Ableitung auf Stufe einzelner Kulturen muss beachtet werden, dass nur einzelne Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit beurteilt werden können, da viele Einflussgrößen, wie die Regenerationsfähigkeit oder die Fruchtfolge nicht berücksichtigt werden können.

A2 Biodiversität

Der Begriff „Biodiversität“ umfasst sowohl die genetische Vielfalt als auch die Artenvielfalt sowie die Vielfalt an Lebensräumen (Biotope bzw. Ökosysteme; Rio 1992; Heywood & Baste, 1995). Für die Entwicklung der Methode zur Beurteilung der Auswirkungen landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die Biodiversität, werden aus Gründen der Relevanz nur die Artenvielfalt und die Vielfalt an Ökosystemen betrachtet.

Die Artenvielfalt lässt sich mit Hilfe direkter Indikatoren untersuchen, nämlich Indikator-Organismen. Deren Auswahl basierte sowohl auf der ISO-Norm 14042 als auch auf der Biodiversität spezifischen Kriterien. Dabei wurde beachtet, dass möglich alle Kompartimente der landwirtschaftlichen Aktivitäten und des Agrarökosystems abgedeckt sind. Die Kriterien für die Bestimmung des Sets von Indikator-Organismen sind:

- Zielkonformität (Dokumentierter direkter Bezug mit indirekten Indikatoren wie Bewirtschaftungsmassnahmen)
- Messbarkeit
- Machbarkeit
- Interpretierbarkeit
- Abdeckung aller Agrarökosysteme durch die verwendeten Lebensräume
- Einbezug aller Habitattypen¹³ innerhalb des Agrarökosystems
- Vertretung aller tropischen Niveaus
- Vorhandensein von Expertenwissen

Eine grosse Anzahl an Indikator-Organismen kann nicht sofort berücksichtigt werden, weil die Organismen nicht mit landwirtschaftlichen Aktivitäten verbunden sind, die Beziehung mit der landwirtschaftlichen Aktivität nicht genug dokumentiert oder die biologische Definition der Arten noch unklar ist.

Für jeden einzelnen Indikator-Organismus werden drei Komponenten der Artenvielfalt betrachtet:

- Artenzahl
- Artenzusammensetzung
- Vorhandensein stenöker¹⁴ Arten und/oder spezieller bedeutender Arten (erwähnt in einer roten Liste).

Die zur Zeit durchgeführte detaillierte Analyse der in der Literatur gefundenen Informationen erlaubt es, den Einfluss der landwirtschaftlichen Aktivitäten auf jeden einzelnen Indikator-Organismus zu beurteilen. Ein System zur Aggregation der Einflüsse auf die Indikator-Organismen soll dann zu einer globalen Evaluation des Effektes der landwirtschaftlichen Aktivitäten auf Biodiversität führen.

A3 Landschaftsbild

Nach Schmithüsen (1963), einem Klassiker der Landschaftsforschung, repräsentiert ‚Landschaft‘ die Beschaffenheit „eines nach seinem Gesamtcharakter als Einheit begreifbaren Teiles der Geosphäre (Erdoberfläche) von geographisch relevanter Grössenordnung“.

Aus diesem Grund wurde für die Beurteilung des Einflusses der landwirtschaftlichen Aktivitäten auf das Landschaftsbild im Rahmen der Ökobilanzen vorerst der Gesamtbetrieb als kleinste Einheit gewählt. Eine Hinunterbrechung auf die Ebene Kultur ist nicht sinnvoll, da die meisten Indikatoren kulturübergreifend sind. Bei einer Produkt-Ökobilanz ist die Kenntnis der Herkunft (Betriebstyp, usw.) unerlässlich für eine Beurteilung der Wirkung auf das Landschaftsbild.

¹³ Wie Hypogaion (Habitats, die unter der Bodenfläche sind, wie der Humus.) oder Epigaion (Habitats, die über dem Boden sind, wie die Vegetation, die Bäume).

¹⁴ stenöke Art: Art mit geringer ökologischer Amplitude.

Zur Bewertung des Landschaftsbildes bestehen diverse Methoden, keine davon eignet sich aber um den Einfluss der landwirtschaftlichen Aktivitäten auf das Landschaftsbild zu beurteilen. Demzufolge wurde aus einer grossen Zahl von Indikatoren aus den verschiedenen bestehenden Bewertungsmethoden Indikatoren so ausgewählt, dass diese einerseits gemäss der ISO-Norm 14042 konform sind, andererseits alle drei Erlebnisfaktoren nach der Ästhetiktheorie von Nohl (1980) repräsentiert sind, nämlich, für eine landwirtschaftliche Anwendung:

- Vielfalt (Farb- und Formvielfalt)
- Eigenart
- Naturnähe (v.a. der naturnahen Elemente in der landwirtschaftlichen Nutzfläche).

Pro Erlebnisfaktor werde Indikatoren unterschiedlichen Aggrationsniveaus definiert, welche auf Landnutzungselemente teilweise zurückgreifen. Zum Beispiel wird bei der Eigenart zwischen akustische, olfaktorische, kulturhistorische Eigenarten sowie Eigenarten der Hofgebäude und der Landschaftselemente unterschieden, wobei viele dieser Indikatoren aus mehreren Teilindikatoren bestehen.

Bei der noch anstehenden Zuordnung der Wertbereiche zu den einzelnen Indikatoren müssen regionale Unterschiede des Landschaftsbildes berücksichtigt werden.

Literatur

Heywood, V.H. & Baste, I., (1995). Introduction to global Biodiversity Assessment. In: Heywood, V.H. and Watson, R.T (eds.) Global Biodiversity Assessment, UNEP, Cambridge University Press, pp. 5-19.

Nohl, W., 1980: Freiraumarchitektur und Emanzipation. Theoretische Überlegungen und empirische Studien zur Bedürftigkeit der Freiraumbenutzer als Grundlage einer emanzipatorisch orientierten Freiraumarchitektur. Lang-Verlag, Frankfurt am Main, Bern, Cirencester.

Schmithüsen, J., 1963: Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff. Sonderdruck aus: Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft N. F. Heft 10. Festschrift für Prof. Dr. Otto Stocker. Stolzenau /Weser. pp. 9-19.

Workshop 2: Landnutzung beim Ressourcenabbau sowie bei der Nutzung von Wasserflächen im Hinblick auf ECOINVENT 2000

Roland Hischier (EMPA St. Gallen) & Ruedi Müller-Wenk (HSG-IWÖ), 20.9.01

Inhalt:

1. Einführung
2. Unterscheidung Flächennutzung - Flächenumwandlung
3. Umweltwirkungen der Flächennutzung und -umwandlung
4. Namensgebung
5. Datenverfügbarkeit / Differenzierung
6. Fragen

1. Einführung

Dieses Papier dient als Diskussionsgrundlage für die Qualitätsrichtlinien zur Erfassung von Landnutzung im Rahmen des Projektes ECOINVENT 2000. Es wird innerhalb von Workshop 2 im Hinblick auf die folgenden Ziele diskutiert:

- Formulieren einer einheitlichen Methodik zur Datenerfassung bei Prozessen im Bereich des Ressourcenabbaus sowie der Nutzung von Wasserflächen anhand zweier Beispiele,

- Identifizieren vorhandener Grenzen in der Datenerfassung (z.B. fehlende Informationen) sowie ihrer Konsequenzen (wie eine Vereinfachung der Erfassung oder das Treffen von Annahmen).

Als Arbeitsgrundlagen für diesen Entwurf wurden Unterlagen der Referenten des heutigen Treffens, der neue CML Guide 2000 sowie das Grundlagenpapier der Workshop-Gruppe 3 (Frischknecht & Köllner) verwendet.

2. Unterscheidung Flächennutzung - Flächenumwandlung

Kraftwerke und Einrichtungen für die Gewinnung von Ressourcen sind auf die Nutzung bestimmter Flächen angewiesen. Allgemein können folgende Fälle unterschieden werden: (i) bestehende Anlage wird ersetzt (z.B. Industriebrachen), (ii) es werden Landflächen neu einer bestimmten Nutzung zugeführt (z.B. Flutung für Errichtung eines Kraftwerkes). In den letzten Jahren hat sich in LCA-Kreisen die Meinung durchgesetzt, dass eine Unterscheidung notwendig ist zwischen

- der *Flächennutzung* (d.h. ein während 40 Jahren genutztes Kraftwerk verhindert, dass die Fläche, auf der es steht, sich in ihren natürlichen Zustand umwandeln kann), und
- der *Flächenumwandlung* (d.h. für eine neue Erdölförderstätte werden Teile eines bisherigen Naturschutzgebietes zu industriell genutzter Fläche).

In weiten Gebieten der Schweiz hat diese *Flächenumwandlung* weg vom ursprünglichen Zustand bereits stattgefunden. So wurden z.B. ganze Bergtäler für die Wasserkraftnutzung geopfert, oder im Mittelland wurden Agrar- und Waldflächen für die Gewinnung von Rohstoffen der Bauindustrie zugänglich gemacht.

3. Umweltwirkungen der Flächennutzung und -umwandlung

Die Ökobilanz-Fachwelt unterscheidet 3 bis 4 Arten der Umweltwirkungen infolge Flächennutzung und -umwandlung:

1. erhöhter Wettbewerb um Landflächen,
2. Beeinflussung der Biodiversität,
3. Beeinflussung der lebensunterstützenden Funktionen,
4. Beeinflussung kultureller Werte (des Eigenwerts der Natur).

Vorschläge zur Bewertung der Flächennutzung und -umwandlung fokussieren meist nur auf einen bis zwei der aufgeführten Umweltwirkungen. In vielen Fällen konzentriert sie sich auf den zweiten und - allerdings in beschränktem Ausmass, resp. indirekt - den dritten Aspekt.

4. Namensgebung

Da zwischen Flächennutzung und -umwandlung unterschieden werden soll, ist dies in der Namensgebung ebenfalls zu berücksichtigen. Die *Flächenumwandlung* wird mit der Einheit Quadratmeter quantifiziert. Als Referenzpunkt soll der jeweilige Zustand unmittelbar vor der Umwandlung verwendet werden. Bei der *Flächennutzung* wird neben der Flächenausdehnung auch die Zeitdauer wichtig, die für die Herstellung einer bestimmten Menge von Produkten und Dienstleistungen benötigt wird. Sie wird deshalb in der Einheit Quadratmeter mal Jahre (m²a) angegeben. Für die Umsetzung wird eine Namensgebung analog zum holländischen Projekt (ohne Ländercodes) befürwortet - das heisst:

occupation, [type] (Flächennutzung, [Typ])
transformation, [type initial]>[type final] (Flächenumwandlung, [Typ vorher]>[Typ nachher]), oder

transformation, [type final] (Flächenumwandlung, [Typ nachher]) je nach Antwort auf die Fragen unten

5. Datenverfügbarkeit / Differenzierung

Real zu erstellende Sachbilanzen mangeln in vielen Fällen an entsprechenden Detailinformationen. Bei zu bilanzierenden Prozessen des Ressourcenabbaus sind wie in vielen anderen Fällen die exakten räumlichen Verhältnisse während den verschiedenen Phasen in der Regel nicht bekannt (resp. nicht mit vernünftigem Aufwand eruiierbar). Zudem müssen im Bereich des Ressourcenabbaus verschiedene Typen unterschieden werden wie der Tagebau, der Untertage- resp. Bergbau oder der Abbau auf dem Boden von Gewässern (z.B. Offshore). Bei Wasserflächen gilt es primär dessen Nutzung für die Energieproduktion in Form von Stauseen zu Berücksichtigen.

Für die Anwendung beim Ressourcenabbau im Tagebau wird aufgrund der Angaben von CML 2000 sowie der SETAC WG-2 die folgende Flächenkategorisierung vorgeschlagen (siehe Tabelle Fehler! **Unbekanntes Schalterargument.**). Sie nimmt auf die CORINE-Flächenkategorisierung Bezug.

Englisch	Deutsch	CORINE code
mineral extraction site	Ressourcenabbaustätte	CORINE 131
dump site	Deponie	CORINE 132

Tabelle 1: Flächenkategorien für Ressourcenabbau im Tagebau-Verfahren auf der Basis der CORINE-Kategorisierung, gemäss Köllner (2001).

6. Fragen

Die Diskussion soll anhand von zwei konkreten Beispielen aus der Schweiz geführt werden, nämlich:

- (a) Der Ressourcenabbau für die Zementherstellung (z.B. in Untervaz GR)
- (b) Der Stausee Wettingen als Beispiel für die Nutzung von Wasser für die Energieproduktion. Generell geht es hier um den Fall einer Umwandlung von einem Fließgewässer sowie von Land vom Typ XY in ein stehendes Gewässer (CORINE-code 512 "Water bodies")

Die Fragen, welche sich nun in diesem Zusammenhang stellen und die wir hier diskutieren wollen sind die folgenden:

1. Wie lässt sich der Zustand vorher - während - nachher beschreiben in diesen beiden Fällen? Was ist überhaupt unter dem "nachher" zu verstehen und wann ist dies?
2. Wie sieht der Zusammenhang mit der funktionalen Einheit aus (z.B. kann ich die Flächengrößen einfach ummünzen auf die Totale Fördermenge resp. Produktionsmenge ?)

Und hier direkt anschliessend stellt sich dann - vor allem für den Bereich des "nachher" - die Frage der Zurechnung, welche anhand der folgenden Thesen diskutiert werden kann:

3. Bei den verschiedenen Arten des Ressourcenabbaus (Tagebau, Untertagebau, Offshore) kann eine permanente Flächenumwandlung ausgeschlossen werden, da die Ausbeutung genau so lange dauert, wie es von der entsprechenden Ressource in einer ausreichenden Konzentration Vorkommen hat. Jeder Abbaustätte wird am Ende ihrer Lebensdauer deshalb eine Renaturierung zurück zu einem möglichst natürlichen

Zustand angerechnet, unabhängig von der Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorgehens. Für den Fall des Abraums (Flächenkategorie "Deponie" - CORINE code 132) kann analog vorgegangen werden -d.h. am Ende ihrer Lebensdauer wird eine Renaturierung zu einem möglichst natürlichen Zustand angerechnet. Wie stehen Sie zu diesem Vorschlag?

4. Für den Umgang mit der an eine Flächennutzung anschliessenden Renaturierung gibt es im Falle von Stauseen - analog zu den Überlegungen von Frischknecht & Köllner für Industrieanlagen - ebenfalls zwei unterschiedliche Sichtweisen:
- (a) Die Flächenumwandlung wird als permanent angenommen (d.h. eine bestehende Anlage wird durch eine gleichwertige Nutzung abgelöst) und damit die Flächenumwandlung durch eine theoretisch unendlich grosse Anzahl funktioneller Einheiten geteilt.¹⁵
 - (b) Jeder Anlage wird am Ende Ihrer Lebensdauer eine (vielleicht fiktive) Restaurierung angerechnet unabhängig davon, ob eine gleiche oder ähnliche Nachnutzung wahrscheinlich oder möglich ist.

Welcher Sichtweise geben Sie den Vorzug?

Abschliessend noch die obligate Frage nach dem Fehlen von Flächennutzungsarten, die für den Ressourcenabbau und/oder die Wassernutzung im Zusammenhang mit den beiden hier diskutierten Beispielen wichtig sind/sein könnten?

Workshop 3: Landnutzung bei der Energieumwandlung, für Siedlungsflächen, Industrie und Gewerbe im Hinblick auf ECOINVENT 2000

Rolf Frischknecht (ESU-services) & Thomas Köllner (ETHZ-UNS), 17.9.01

Inhalt:

1. Einführung
2. Unterscheidung Flächennutzung - Flächenumwandlung
3. Umweltwirkungen der Flächennutzung und -umwandlung
4. Datenverfügbarkeit und Differenzierung im Hinblick auf eine Bewertung
5. Namensgebung
6. Fragen

1. Einführung

Dieses Papier dient als Diskussionsgrundlage für die Qualitätsrichtlinien zur Erfassung von Landnutzung im Rahmen des Projektes ECOINVENT 2000. Es wird innerhalb der Workshop-Gruppe 3 im Hinblick auf die folgenden Ziele diskutiert:

- Formulieren einer einheitlichen Methodik zur Datenerfassung bei Prozessen der Energieumwandlung, sowie bei Industrie- und Gewerbeanlagen,
- Identifizieren der Grenzen in der Datenerfassung (fehlende Informationen) und deren Konsequenzen (Vereinfachung der Erfassung oder Treffen von Annahmen).

Als Arbeitsgrundlagen für diesen Entwurf wurden der Entwurf der SETAC Arbeitsgruppe Impact Assessment, die Dissertation von Thomas Köllner und der CML Guide 2000 verwendet.

¹⁵ Damit würde die Flächenumwandlung verschwindend klein und deshalb nicht berücksichtigt.

2. Unterscheidung Flächennutzung - Flächenumwandlung

Kraftwerke, industrielle Produktionsanlagen, gewerbliche Fertigungsstätten und Dienstleistungsbetriebe sind auf die Nutzung einer bestimmten Fläche angewiesen. Hierbei können sie entweder eine bereits bestehende Anlage ersetzen (z.B. Industriebrachen) oder es werden Landflächen neu dieser Nutzung zugeführt (Überbauung von Landwirtschaftsland, Fluten eines Bergtales infolge der Errichtung eines Speicherkraftwerks).

Die SETAC Arbeitsgruppe ist sich einig, dass eine Unterscheidung notwendig ist zwischen

- *Flächennutzung* (d.h. ein während 40 Jahren genutztes Kraftwerk verhindert, dass die Fläche, auf der es steht, sich in ihren natürlichen Zustand umwandeln kann), und
- *Flächenumwandlung* (d.h. für ein neu zu bauendes Montagewerk für Airbus-Flugzeuge werden Teile eines bisherigen Naturschutzgebietes zu überbauter Fläche).

In weiten Gebieten der Schweiz hat eine *Flächenumwandlung* vom ursprünglichen Zustand aus bereits stattgefunden. So wurden einige Bergtäler mit deren spezifischen Flora und Fauna für die Wasserkraftnutzung geopfert. In den Agglomerationen wurden Agrarflächen der Industrieproduktion zugänglich gemacht. Letztlich wurden weite Teile der heute landwirtschaftlich genutzten Böden durch Rodungen dem Wald abgerungen.

Die Flächenumwandlung wird mit der Einheit Quadratmeter quantifiziert. Als Referenzpunkt soll der jeweilige Zustand unmittelbar vor der Umwandlung verwendet werden. Die Sachbilanz-Grösse sollte somit wie folgt erfasst werden:

"Flächenumwandlung, Ackerbau, biologisch > Industrieareal, überbaut" in m². Da nun aber mit rund 2 Dutzend Flächentypen gerechnet werden muss (siehe Tabelle **Fehler!**

Unbekanntes Schalterargument. mit sieben Flächentypen nur für Industrieanlagen), würden dadurch theoretisch über 500 verschiedene Sachbilanzeinträge alleine für die Flächenumwandlung erforderlich. Um das System handhabbar zu halten, sind hier Vereinfachungen notwendig, die wir unter Abschnitt 6. zur Diskussion stellen möchten. Bei der *Flächennutzung* wird neben der Flächenausdehnung auch die Zeitdauer wichtig, die für die Herstellung einer bestimmten Menge von Produkten und Dienstleistungen benötigt wird. Deshalb wird die Flächennutzung in der Einheit Quadratmeter mal Jahre (m²a) angegeben.

3. Umweltwirkungen der Flächennutzung und -umwandlung

Innerhalb der Ökobilanz-Fachwelt werden 3 bis 4 verschiedene Arten der Umweltwirkungen infolge Flächennutzung und -umwandlung unterschieden. Es sind dies:

5. erhöhter Wettbewerb um Landflächen,
6. Beeinflussung der Biodiversität,
7. Beeinflussung der lebensunterstützenden Funktionen,
8. Beeinflussung kultureller Werte (des Eigenwerts der Natur).

Vorschläge zur Bewertung der Flächennutzung und -umwandlung fokussieren meist je nur auf einen bis zwei der aufgeführten Umweltwirkungen. In der nachfolgend vorgeschlagenen Operationalisierung für ECOINVENT 2000 werden wir uns auf den zweiten und - in allerdings beschränktem Ausmass, resp. indirekt - den dritten Aspekt konzentrieren. Insgesamt wird einer Regionalisierung der Bewertung eine hohe Bedeutung zugemessen.

4. Datenverfügbarkeit und Differenzierung im Hinblick auf eine Bewertung

Real zu erstellende Sachbilanzen mangeln in vielen Fällen an fehlenden Detailinformationen. Bei zu bilanzierenden Prozessen der Energiebereitstellung, aber auch der Verarbeitung von Metallen oder mineralischer Baustoffe sind die exakten räumlichen Verhältnisse (d.h. die eine Fabrikationsstätte umgebenden Ökosysteme) in der Regel nicht bekannt (resp. nicht mit vernünftigem Aufwand eruierbar). Es muss deshalb eine

pragmatische Lösung gefunden werden, die den Aufwand zur Datenerhebung niedrig, den Informationsverlust aber in Grenzen hält.

Für die Anwendung bei Industrieanlagen wird deshalb die folgende Flächenkategorisierung vorgeschlagen (siehe Tabelle **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.**). Sie nimmt einerseits auf die CORINE-Flächenkategorisierung Bezug und soll andererseits spezifische Bedürfnisse von Seiten der Sachbilanzierer/-innen abdecken.

englisch	deutsch	CORINE code
industrial area, built up part	Industrieareal, bebaut	CORINE 1211
industrial area, vegetation high intensity	Industrieareal, bepflanzt, intensiv	CORINE 1212
industrial area, vegetation low intensity	Industrieareal, bepflanzt, extensiv	CORINE 1212
industrial area, undefined	Industrieareal, undefiniert	CORINE 121
industrial area, fallow	Industrieareal, brachliegend	CORINE 125
dump site	Deponie	CORINE 132
benthos, completely covered	Benthos, zugedeckt	CORINE 52

Tabelle Fehler! Unbekanntes Schalterargument.: Flächenkategorien für Industrieanlagen (ohne Ressourcenabbau und Wasserkraftnutzung) auf der Basis der CORINE-Kategorisierung, gemäss Köllner (2001).

Eine regionale Differenzierung erfolgt auf der Ebene der Prozesse, indem in der Datenbank für jeden einzelnen Prozess die geographische Zugehörigkeit angegeben wird (z.B. weltweit, Afrika, Westeuropa, Schweiz). Dadurch sind die Voraussetzungen gegeben, die Flächenumwandlung resp. -nutzung auch nach geographischen Gesichtspunkten auszuwerten. Es ist deshalb nicht notwendig, diese Information auf der Ebene der Umwelteinwirkung einzuführen und für jede Region und jede Flächenkategorie einen Eintrag einzuführen (z.B. "industrial area, built up part, CH", "industrial area, built up part, DE", etc.).

5. Namensgebung

Da zwischen Flächennutzung und -umwandlung unterschieden werden soll, ist dies in der Namensgebung ebenfalls zu berücksichtigen.

Vorgeschlagen wird eine Namensgebung analog zum holländischen Projekt, jedoch ohne Ländercode, da die regionenspezifische Information durch den Ländercode im Prozessnamen bereits gegeben ist:

occupation, [type] (Flächennutzung, [Typ])

transformation, [type initial]>[type final] (Flächenumwandlung, [Typ vorher]>[Typ nachher]), oder

transformation, [type final] (Flächenumwandlung, [Typ nachher]), je nach Konzept (siehe Frage 1).

6. Fragen

Die folgenden Fragen möchten wir im Zusammenhang mit Bilanzierung von Flächennutzung und -umwandlung für Aktivitäten des Energie-, Industrie-, Dienstleistungs- und Gewerbesektors mit Ihnen diskutieren:

7. Für die Vereinfachung der Bilanzierung der Flächenumwandlung stehen die folgenden Varianten zur Verfügung:
 - a). Nur die wichtigsten (maximal 10 bis 15) Flächenumwandlungen werden unterschieden (A>B, A>G, D>X etc.).
 - b). Für die Bilanzierung der Flächenumwandlung wird eine deutlich gröbere Einteilung verwendet als für die Flächennutzung (z.B. 8 anstelle von zwei Dutzend Kategorien).
 - c). Bei der Flächenumwandlung wird lediglich der Zustand während der Nutzung spezifiziert. Die Information über den Anteil verschiedener Zustände der Flächen VOR

einer bestimmten Nutzung wird auf der Basis von Makrodaten (beispielsweise Gesamtübersicht Schweiz oder Europa) für jeden Nutzungstyp bestimmt resp. abgeschätzt

Welche Form der Vereinfachung würden Sie vorziehen?

8. Für den Umgang mit der an eine Flächennutzung anschliessenden Renaturierung gibt es für Industrieanlagen zwei mögliche Sichtweisen:
 - a). Die Flächenumwandlung für die hier zur Diskussion stehenden Industrieanlagen wird als permanent angenommen (d.h. eine bestehende Anlage wird durch eine gleichwertige Nutzung abgelöst) und damit die Flächenumwandlung durch eine theoretisch unendlich grosse Anzahl funktioneller Einheiten geteilt.¹⁶
 - b). Jeder industriellen Anlage wird am Ende Ihrer Lebensdauer eine (vielleicht fiktive) Restaurierung angerechnet unabhängig davon, ob eine gleiche oder ähnliche Nachnutzung wahrscheinlich oder möglich ist.Welcher Sichtweise geben Sie den Vorzug?
9. Fehlen Flächennutzungsarten, die für Industrieanlagen im Zusammenhang mit Energieträgern, Baustoffen, Papieren, Waschmitteln, Chemikalien, Transportsystemen, Entsorgungsprozessen, landwirtschaftlichen Produkten wichtig sind/sein könnten?

Workshop 4: Land use in transport for ECOINVENT 2000

Erwin Lindeijer (TNO, NL) & Micheal Spielmann (ETH, CH)

Contents:

1. Introduction
2. Data collection and allocation of road and rail occupation to users
3. Data availability and - treatment for transformation
10. Impact assessment (IA) indicators and their consequences for inventory data

1. Introduction

This paper is meant as a first draft contribution to the Quality Guideline of the ECOINVENT database. It is the starting point for the workshop on transport at the Discussion Forum on Land Use, September 21st 2001. The required output of this workshop is:

- a methodology for collecting land use data in transport
- an allocation method for land use of transport
- limitations to data collection (what can not be addressed and why)

For this first draft, we use the experience of a Dutch project on land use, performed by TNO Industrial Technology to show the options to discuss during this workshop. Relevant questions are given in bold, and the choice suggested in the Dutch project is shown in italics.

7. Data collection and allocation of road and rail occupation to users

In general, data on the land cover by roads (paved and unpaved) and railways are available in national statistics. Even for canals used for goods transport land use data is available (at least in the Netherlands). **Should unpaved roads and canals be included in the occupation assesment?**

On all these traffic media there are other users than goods carriers: personal cars and carriages, and on canals recreational users. Allocation to the different users should be performed on a logical basis. The following options are at first instance available for roads and railways:

¹⁶ Damit würde die Flächenumwandlung verschwindend klein und deshalb nicht berücksichtigt.

allocate on performance in yearly mass on the road
allocate on performance in yearly tkm
allocate on performance in yearly vehicle km [used in Dutch land use projects]
allocation on economic output
others?

Now what should be the reasoning for allocation? For occupation the area used during a certain time is to be determined. The space used on roads and railways for goods is determined by the societal dynamics and demands. The following questions can be raised to determine the adequate allocation key:

- **For which of the above options can the output of all users be expressed in the same terms?**
- **For which of the options is data available for all users?**
- **Other questions?**

The above relate to the direct land use. However, vehicles use energy to transport these goods, and the infrastructure should be built and maintained. These indirect land uses should also be determined. Other parts of the ECOINVENT 2000 manual will deal with this.

8. Data availability and - treatment for transformation

For transformation (the change of land use to be allocated to a certain user or user type) the situation is more difficult, mainly due to data variability. The yearly change in land use for a certain user may change considerably, as land use change is not a continuous process, but very much determined by political decisions and economic constraints and opportunities. Therefore, to assess transformation for a generic database like the ECOINVENT 2000, the yearly trend should be determined based on a number of consecutive years, or preferable for a few different sets of years. The argument used here is that the pressure from yearly land use drives the increase in land use. For roads, it is the increased use of unpaved roads (and its underlying drivers such as efficiency and personal mobility) which determine it to get paved. It is the pressure on secondary roads which drive the building of highways. **So which of the above allocation keys is to be used here?** [Dutch solution: vehicle km]

Other questions related to transformation are:

- **Should only the gross land change be attributed, or the net change?** [Dutch solution: gross change]
- **Over how many years should the trend be determined?** [Dutch solution: three and eight/ten years, as a range]
- **For which year(s) should the performance be used? The first year of the set, the average, the last?** [Dutch solution: the average or last]

Here also the indirect transformation for fuels and infrastructure should be determined. Due to the variability in the data, very generic EU land cover statistics such as the CORINE database should suffice here.

4. Impact assessment (IA) indicators and their consequences for inventory data

Presently, different IA methods and indicators are available for land use. These indicators have different requirements for the inventory. The most relevant ones are:

1. Regional differentiation on the level of regions within continents, or countries
2. Differentiation of land use types
3. Taking water areas into account

Ad 1) Some methods using biodiversity indicators do not include regional differentiation, such as the ones from ETH ([Knoepfel, 1995], [Feldman & Glod, 1995], [Koellner, 2001]). Others do ([Lindeijer et al., 1998], [Weidema & Lindeijer, 2001]) because they want to include the major differences between different wood and agriculture products, and the difference between oil from Saudi-Arabia and Venezuela, for instance. For transport, these differences may be important for infrastructure. Other land use impact indicators (for life support functions such as soil quality, water buffering, global substance cycles, etcetera) have a much higher requirement on regional differentiation. Of these, only the biomass indicator NPP (also mentioned in [Knoepfel, 1995]) is operational. One can suspect that in the future, regional differentiation as a further level of sophistication of the IA methods for land use will be required. The question is: **is this feasible within the ECOINVENT database?**

Whether this is feasible depends on how this should be done. **Should we use country codes, regional codes, continental codes or others?** A further question is **how to deal with a variety of sources for a particular resource, when only one process is defined for them all** (like onshore oil drilling, coal mining)? Possible solutions are:

- determine % from each country, and make land use inventory items for each
- do the same, but then only for regions (reducing the number of items)
- differentiate only between continents, and let IA modellers or LCA users solve the problem
- **other solutions?**

Ad 2) Some older methods only include a few land types ([Knoepfel, 1995], [Feldman & Glod, 1995]). Others include a large variety of land use types ([Köllner, 2001], [Lindeijer et al., 1998], [Weidema & Lindeijer, 2001]). The development here is also towards more details. This implies that many land use types should be included in the ECOINVENT 2000 database. All impact assessment methods use the process type to determine the land use type involved (also for transformation). There are therefore mainly two solutions to include land use type differentiation:

- Include the process type in the land use name
- Assume that software can use the process code to link the process type to the land use type

Which solution should be used?

The Ecoinvent team has made some initial proposals for a list of land use categories to be employed in the ECOINVENT database 2000. The list include the categories as follows:

Land area occupied, arable, organic
Land area occupied, arable, intensive
Land area occupied, arable, integrated production
Land area occupied, benthos, completely covered
Land area occupied, indirectly affected
Land area occupied, industrial area, built up
Land area occupied, industrial area, vegetation
Land area occupied, lake, artificial
Land area occupied, urban, discontinuously built
Land area occupied, urban, continuously built
Land area occupied, mining site
Land area occupied, traffic area
Land area occupied, forest, low-intensity
Land area occupied, forest, high-intensity
Land area occupied, grassland, organic
Land area occupied, grassland, intensive
Land area occupied, grassland, integrated production

Land area transformation, benthos, completely covered
Land area transformation, industrial area
Land area transformation, urban, continuously built
Land area transformation, traffic area

Occupation data is required in $m^2 \cdot a$, whilst transformation data shall be given in m^2 . It has been proposed to include construction and demolishing in occupation, whilst renatrunalisation is not addressed.

Transformation processes shall only be considered for shortterm activities and only for conversion of formerly natural land. In the workshop the above proposal shall be discussed with respect to transport processes.

Ad 3) Only in the ETH database is benthos (sea beds) included, although there is certainly a demand for an integration of this aspect in the total land use IA. However, no land use impact assessment method as yet can deal with this type of 'area use'. The water IA method developed by prof. Müller-Wenk may be relevant here (for instance for changing river sides for new railways, airports or roads), but its requirements are as yet unknown. It can be anticipated that the Dutch land use project allows for including seabed ecosystems in their method, for instance to include the assessment of using seabed sand instead of sand from land, or to include the benthos impacts of certain fishing techniques. Thus, what about the statement that **to include benthos and also riverbed changes is thus relevant, especially for transformations?** Due to the very fluid character of most waterbeds, occupation data may be less relevant from an impact assessment point of view. **Would you agree with this?**

An important impact discussed around road and rail transport is that due to intersection. Intersection impacts are mainly considered important for fauna. None of the land use impact assessment methods so far managed to include fauna impacts. These impacts are also only slightly related to the area occupied or changed, and more to the resulting line of occupation. In Germany a PhD study was performed on the quantification of intersection impacts, and this was used in a student study from ETH (under Köllner). He attempted to assess the intersection impacts of railways. This experience has not led to an additional methodology proposal so far. Statistical data limitations (especially natural variability) may hamper such a development for LCA seriously. No special requirements for the ECOINVENT 2000 database are suggested here.

A final question is on the land use format to be used. This depends on which regional differentiation level is chosen, and on how different land use types are included. *In the present Dutch land use project the following format is suggested:*

Occupation ([type], [country code according to ISO])
Transformation ([type initial]>[type final], [country code])