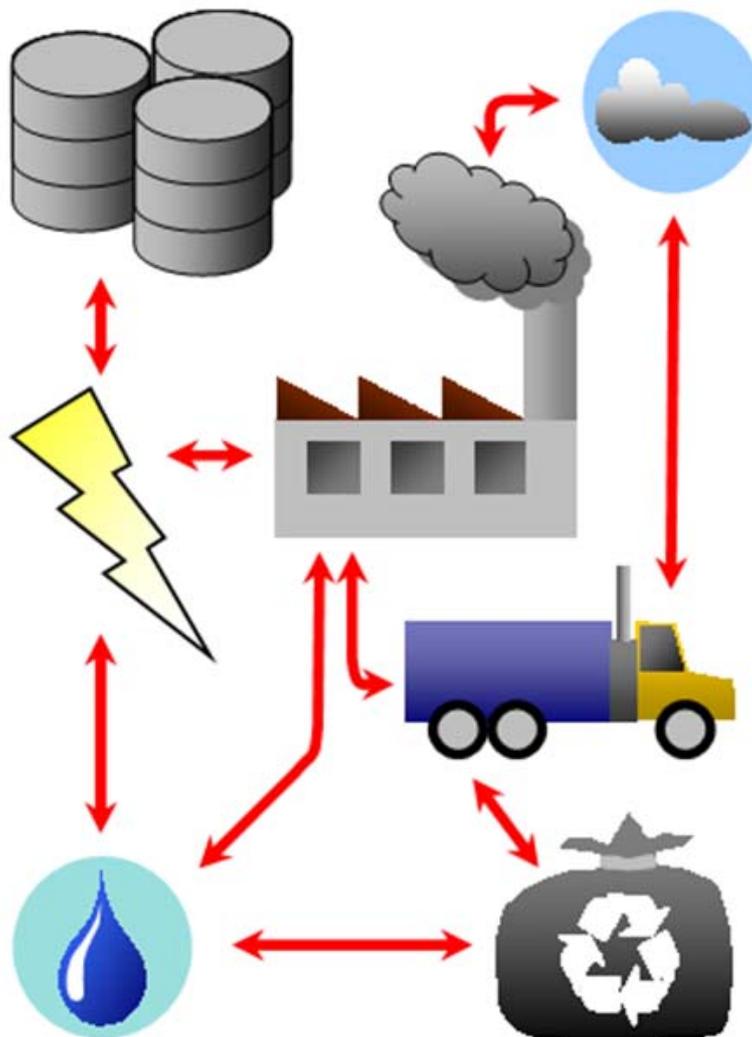


Unterrichtseinheiten zur Thematik Ökobilanz



Inhaltsverzeichnis

Motivation	3
Lernziele.....	3
1 Einführung in die Thematik Ökobilanz	4
1.1 Was ist eine Ökobilanz	4
1.2 Wo werden Ökobilanz eingesetzt	5
1.3 Anwendungsbereiche von Ökobilanzen.....	6
2 Ablauf einer Ökobilanz	7
2.1 Lebenszyklus und Systemgrenze	7
2.1.1 Prozessbaum.....	8
2.2 Darstellung des Aufbaus	9
2.3 Prinzip einer Ökobilanz	12
2.4 Ablauf einer Ökobilanz.....	13
2.4.1 Ablaufschema.....	14
2.5 Bewertungsmethoden.....	15
2.5.1 Die Methode der Ökobilanz	15
2.5.2 Methode der ökologischen Knappheit 1997.....	16
2.5.3 Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006.....	17
2.5.4 Wirkungsorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 95.....	17
2.5.5 Schadensorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 99	19
2.5.6 Schadensorientierte schwedische Bewertungsmethode EPS 2000.....	19
2.5.7 ecoinvent Datenbank	20
3 Beispiel einer Ökobilanz.....	21
4 Lernkontrolle	24
5 Quellen und Literaturverzeichnis	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Stoffkreislauf.....	4
Abbildung 2 – Piktogramm Recycling	5
Abbildung 3 – Blauer Engel.....	5
Abbildung 4 – Holzbrille mit Ecodesign.....	6
Abbildung 5 – Prozessbaum.....	8
Abbildung 6 – Ablauf einer Ökobilanz	9
Abbildung 7 – Bestandteile einer Ökobilanz nach ISO 14040.....	10
Abbildung 8 – Prinzip einer Ökobilanz.....	12
Abbildung 9 – Uhr als Gesamtsystem.....	13
Abbildung 10 – Uhr als Teilsysteme	13
Abbildung 11 – Ablaufschema einer Ökobilanz	14
Abbildung 12 – vereinfachtes Vorgehensschema für ökologische Knappheit 1997	16
Abbildung 13 – vereinfachtes Vorgehensschema für die Methode Eco-indicator 95	18
Abbildung 14 – Probasdatenbank für Kupfer.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Materialübersicht einer 9V-Batterie	21
Tabelle 2 – CO ₂ -Äquivalentzwerte.....	22
Tabelle 3 – Umweltbelastung einer 9V-Batterie	23

Motivation

Die meisten Leute sind bestrebt, ihren Konsum und ihre Tätigkeiten möglichst umweltfreundlich zu gestalten. Doch welches Produkt soll man wählen oder wie soll man eine Aufgabe erledigen, damit die Umwelt keinen Schaden nimmt? Für solche Entscheidungen sind Ökobilanzen hilfreich.

Diese Unterrichtseinheit zeigt den Teilnehmern wie Ökobilanzen erstellt werden. Sie basiert auf der international anerkannten Norm ISO 14040.

Die meisten Produkte beeinflussen die Umwelt während ihrer ganzen Lebenszeit. Sie brauchen Rohstoffe, die erst unter Einsatz von Energie abgebaut oder angebaut werden müssen. Die Rohstoffe müssen mit Hilfe von chemischen und physikalischen Prozessen und Energie angefertigt werden. Viele Produkte brauchen während ihrer Betriebszeit Energie und müssen schliesslich entsorgt werden. Dabei gelangen Schadstoffe in die Umwelt. Gesamtmenge und Schädlichkeit all dieser Einflüsse gehen in die Ökobilanz ein. Eine Ökobilanz kann helfen, ein Produkt und damit auch das Image der Firma zu beeinflussen.

Lernziele

- Lernen mit den Standards für LCA (Life Cycle Analysis) zu arbeiten
- Die Teilnehmer/ -Innen kennen die Gründe für eine Ökobilanz
- Erkennen der Systemgrenzen, was gehört zu einer Ökobilanz und was nicht
- Ökologische Beurteilung des ganzen Lebenszyklus eines Produkts, von der Wiege bis zur Bahre
- Die verschiedenen Anwendungsbereiche von Ökobilanzen kennenlernen
- Die vier Phasen einer Ökobilanz kennenlernen
- Die Teilnehmer/ -Innen kennen die wichtigsten Bewertungsmethoden einer Ökobilanz
- Wissen, was mit „Normierung“ gemeint ist

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

1 Einführung in die Thematik Ökobilanz

Quellen: [1][2][3][4]

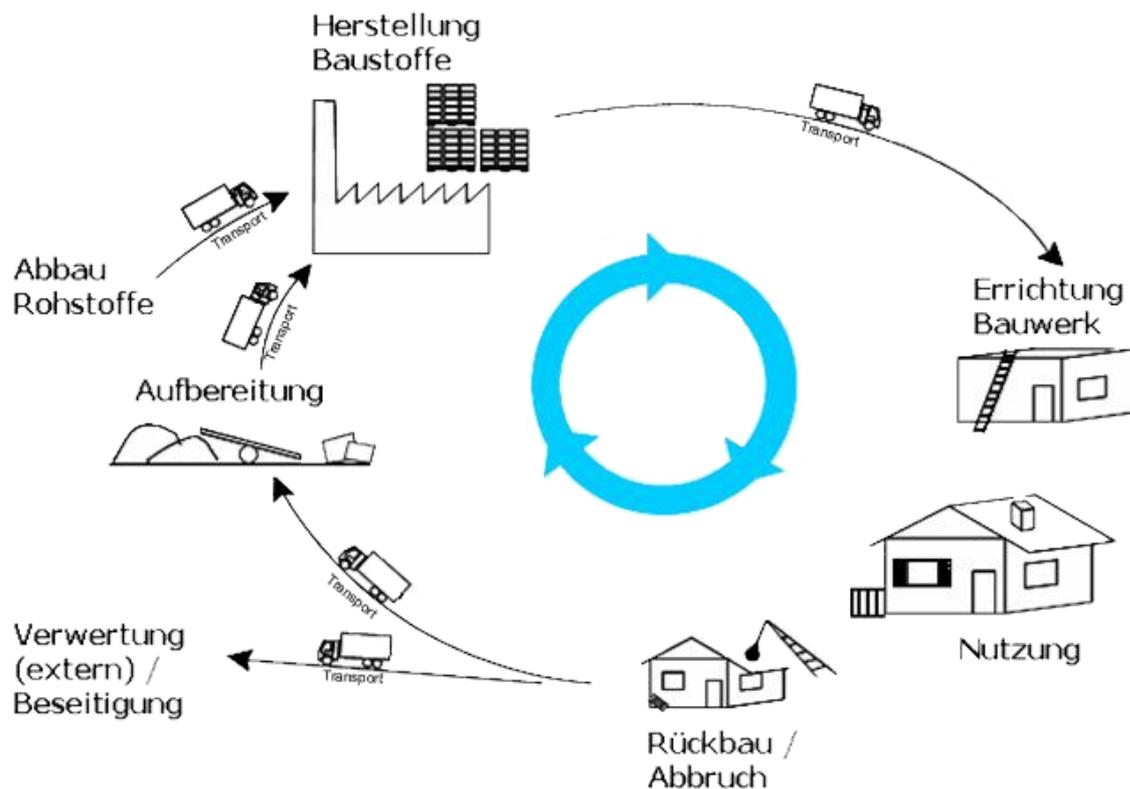


Abbildung 1 – Stoffkreislauf

In diesem Kapitel soll geklärt werden, was eine Ökobilanz ist, wer eine Ökobilanz benötigt und wo diese überhaupt eingesetzt wird. Des weitern werden die Prinzipien und der Ablauf einer Ökobilanz aufgezeigt.

1.1 Was ist eine Ökobilanz

- Die Ökobilanz ist ein Werkzeug zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltauswirkungen.
- Die Ökobilanz berücksichtigt den ganzen Lebenszyklus eines Produkts von der Wiege bis zur Bahre (from cradle to grave). Sie heisst deshalb auch Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis, LCA).
- Die Ökobilanz vergleicht die Produkte anhand ihres erbrachten Nutzens (Bsp. nicht 1 kg Verpackung, sondern 1 Stück Verpackung mit bestimmten Fassungsvermögen)
- Ökobilanzen liefern keine Entscheide, aber Entscheidungsgrundlagen.
- Die Ökobilanz ist eine standardisierte Methode und liefert quantitative Ergebnisse.
- Beim Treffen von Entscheidungen müssen jedoch immer auch wirtschaftliche, soziale und technische Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

1.2 Wo werden Ökobilanz eingesetzt

Eine intakte Umwelt ist wichtig für uns, diese Meinung vertreten die meisten Mitbürgerinnen und Mitbürger. Dies sieht man z.B. anhand der Zahlen über das Recycling in der Schweiz. Ob in der Wirtschaft oder bei politischen Richtungsentscheidungen. Um eine fundierte Aussage über die Belastung der Umwelt machen kann, ist die Ökobilanz ein gutes Werkzeug. Bei der Wahl des umweltfreundlichsten Produkts müssen oft verschiedene Materialien und verschiedene Betriebsarten miteinander verglichen werden. Man muss Äpfel mit Birnen vergleichen. Dazu ist das Instrument der Ökobilanz mit seinen Auswertungsmethoden ein geeignetes Werkzeug.



Abbildung 2 – Piktogramm Recycling
[11]

Wirtschaft

- Ökobilanzen können beim sogenannten Ecodesign eine grosse Hilfe sein. Dank Ecodesign können Energie und Ressourcen eingespart werden, was eine Kosteneinsparung zur Folge hat.
- Kann dem Management einer Firma dazu dienen, neue Strategien festzulegen.
- Die öffentliche Hand als grosser Auftraggeber wendet vermehrt ökologische Auswahlkriterien an.

Image

- Immer mehr Kunden legen Wert auf umweltfreundliche Produkte. Mit Hilfe von Ökobilanzen kann eine Firma dokumentieren, dass sie Wert auf solche Aspekte legt. Weiter bietet eine Ökobilanz die Grundlage für die Zertifizierung mit Umweltlabels d.h. Imagegewinn und Wettbewerbsvorteil.
- Durch eine konsequente Umsetzung der Umweltmassnahmen gewinnt die Firma bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an Glaubwürdigkeit. Dies fördert das Vertrauen und die die Identifikation zwischen Firma und Mitarbeiter.



Abbildung 3 – Blauer Engel
[12]

Politik

- Ob Gemeinde, Kanton oder Bund, es stellen sich immer wieder konkrete Fragen, welche mit Hilfe von Ökobilanzen beantwortet werden können. Beispiel: Was soll mit dem Abbruchmaterial von alten Gebäuden gemacht werden? Verbrennen, deponieren, wiederverwenden? Gibt es alternative Strategien? Welcher Lüftungsmotor ist der ökologischste? Für die Klärung solcher Fragen dienen Ökobilanzen.

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

1.3 Anwendungsbereiche von Ökobilanzen

Produkt- oder Prozessoptimierung

Damit wird eine Produkt- oder Prozessökobilanz erstellt. Anhand vom Ergebnis kann man sagen, ob ein Produkt z.B. geringere Umweltauswirkungen hat, als ein anderes Produkt der Konkurrenz. Wie bereits erwähnt, kommen Ökobilanzen bereits bei der Produkt-Entwicklung zum Einsatz. Denn oft sehen verschiedene Produktionsverfahren zur Auswahl, somit kann man untersuchen, welches Verfahren das Umweltschonendste ist. Ebenfalls eine Rolle spielt die Einfachheit beim Recycling. Betrachtet man das Produkt über den gesamten Lebenszyklus, lohnt es sich, dass man solche Materialien einsetzt, welche sich einfach recyceln lassen. [13]



Abbildung 4 – Holzbrille mit Ecodesign

Sachbilanz

Oft ist es sehr schwierig die genauen Produktions- und Recyclingaufwand zu erkennen. Daher macht man oft eine sogenannte Sachbilanz. Dabei werden legerndlich die verwendeten Materialien einander gegenübergestellt. Somit lässt sich eine Aussage über die Umweltverträglichkeit der verwendeten Materialien machen. Lässt sich die Art der Herstellung erkennen, so ist es wichtig, dass man diese Daten verwendet. Hat man z.B. ein Aluminiumbauteil, welches 100Gramm schwer ist, hat es einen Einfluss, ob dieses Bauteil gegossen oder gewalzt ist. Lässt sich dies nicht erkennen, so trifft man Annahmen, bzw. man rechnet mit Aluminium ohne spezifische Herstellungskriterien.

Betriebsbilanz

Während eines Jahres erstellt man eine Ökobilanz über einen Betrieb. Daraus folgt die sogenannte Betriebsökobilanz. Um einen Vergleich mit anderen Unternehmen machen zu können, muss auf die Struktur geachtet werden, und die verschiedenen Ökobilanzen in den verschiedenen Unternehmen nach den gleichen Kriterien erstellt werden.

Umweltmanagementsystem (UMS)

Dies betrifft vorwiegend Firmen, welche eine eigene Umweltpolitik verfolgen. Es werden Umweltziele und deren Erreichungsgrad definiert, mit Hilfe der UMS können dann diese Zielerfüllung überprüft werden.

2 Ablauf einer Ökobilanz

Quellen: [1][2][3][4]

Da eine Ökobilanz so individuell und so einmalig wie jedes Produkt oder jeder Prozess ist, gibt es ein klar definiertes, stets gleiches Vorgehen. Dieses Vorgehen ist in der Grundstruktur, im Aufbau einfach gehalten, dafür kann man diesen bei jeder Ökobilanz anwenden.

2.1 Lebenszyklus und Systemgrenze

Bei einer Ökobilanz ist es sehr wichtig, dass der ganze Lebenszyklus des Produkts miteinbezogen wird. Dazu werden die Einwirkungen auf die Umwelt für die Herstellung der Rohstoffe, für die Produktion, während dem Gebrauch und bei der Entsorgung ermittelt.

D.h. dass man eine Analyse macht, welche von der Produktion, über den Gebrauch bis hin zu Entsorgung reicht. Sie wird deshalb auch Lebenszyklus-Analyse (LCA = Life Cycle Analysis) genannt.

Für die Analyse über den ganzen Lebenszyklus eignet sich am besten ein sogenannter Prozessbaum.

Ebenso wichtig ist es, dass Systemgrenzen gesetzt werden. So stellt sich z.B die Frage, was bei einer Ökobilanz von einem Meter Kupferkabel noch miteinbezogen werden soll. Gehört die Produktion der Maschine, welche das Erz abbaut auch mit in diese Bilanz, bzw. die Fabrik, welche diese Maschine baut?

Weiter muss auch die Bezugsgrösse für die Ökobilanz die sogenannte funktionale Einheit oder Nutzeinheit festgelegt werden. Diese stellt sicher, dass beim Vergleich von mehreren verschiedenen Produkten immer auf dieselbe sinnvolle Grösse Bezug genommen wird. Will man z.B. herausfinden, welches Verpackungssystem umweltverträglicher ist, so macht man über jedes System eine eigene Ökobilanz. In diesem Beispiel wäre sicherlich die Umweltbelastung pro Kubikmeter Füllinhalt eine sinnvolle Bezugsgrösse. Weniger sinnvoll wäre der Bezug auf das Gewicht der Verpackung.

Diese Fragen sind nicht immer eindeutig zu klären. Wichtig ist auf jeden Fall, dass alle Produkte mit denselben Systemgrenzen und einer gemeinsamen Nutzeinheit betrachtet werden. Nur so kann man auch eine sinnvolle Aussage machen.

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

2.1.1 Prozessbaum

Mit Hilfe dieses Prozessbaumes kann der ganze Lebenszyklus erfasst und dargestellt werden. (=von der Wiege bis zur Bahre).

Ein Prozessbaum:

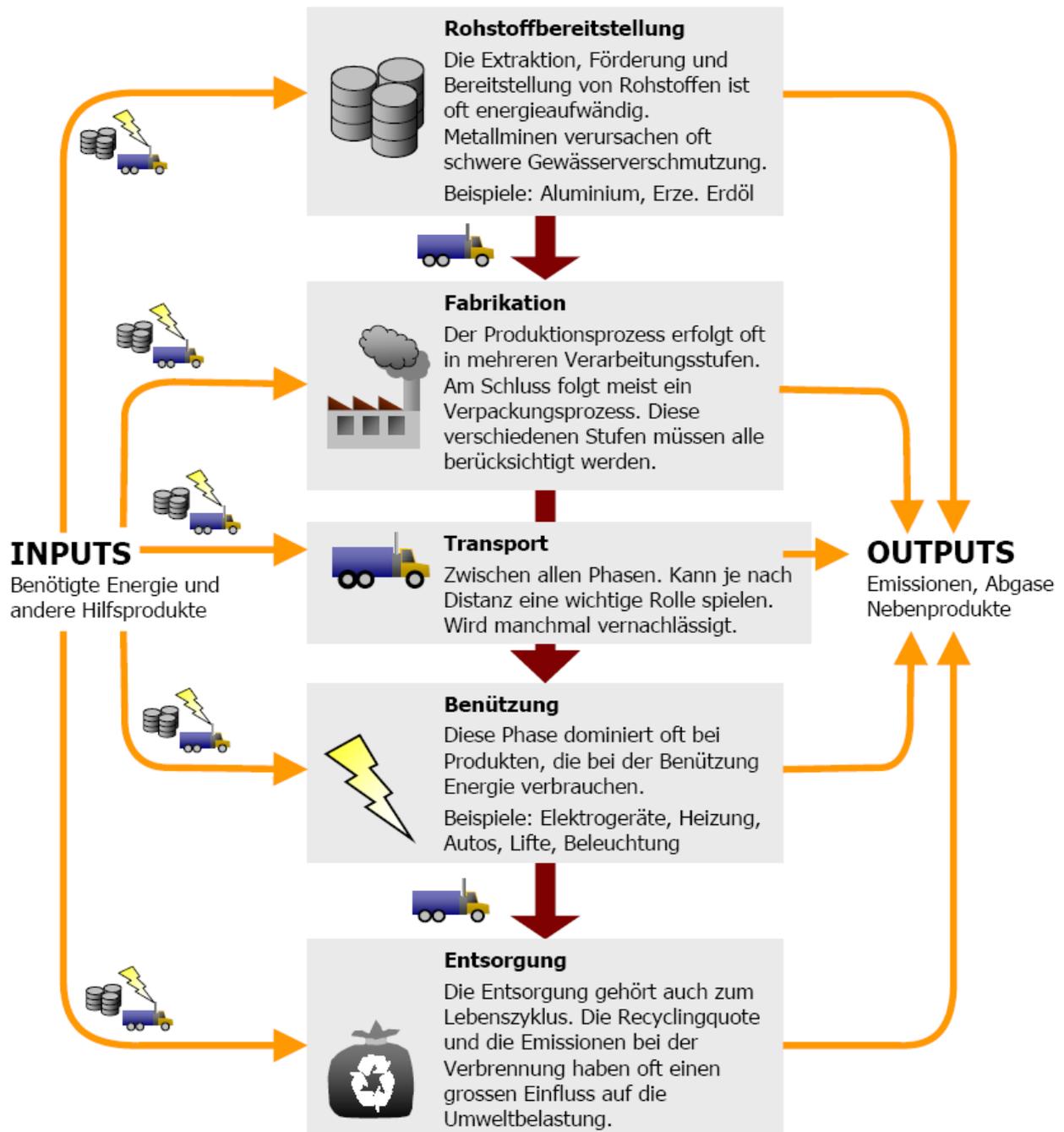


Abbildung 5 – Prozessbaum

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

2.2 Darstellung des Aufbaus

Der Aufbau einer Ökobilanz besteht in der Grobstruktur aus vier Teilen. Diese sind: Zieldefinition, Sachbilanzierung, Bewertung und Interpretation. Nachfolgend wird näher auf jedes der einzelnen der vier Teile eingegangen.

Der Aufbau, bzw. Ablauf einer Ökobilanz hat folgende Struktur:

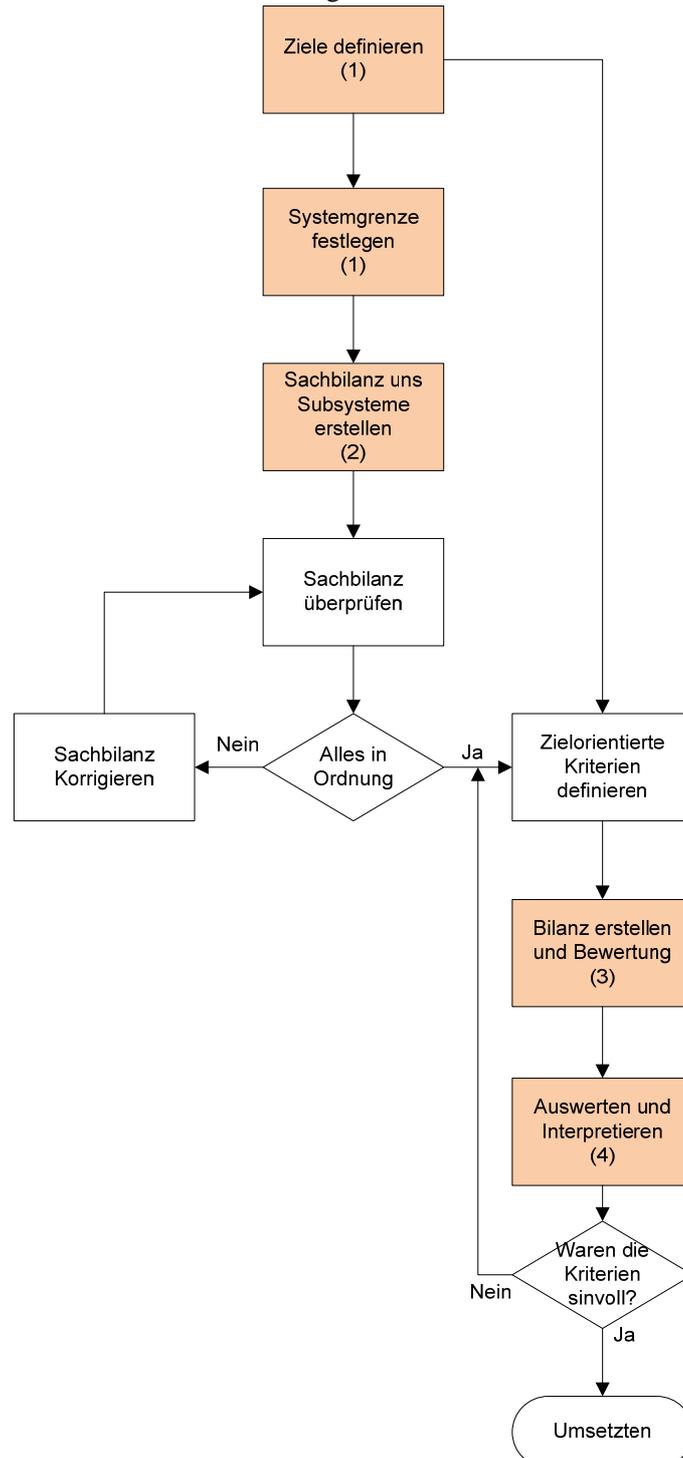


Abbildung 6 – Ablauf einer Ökobilanz

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

Die Bestandteile einer Ökobilanz und ihre Zusammenhänge sind in der ISO-Norm 14040 definiert. Somit wird sichergestellt, dass jede Ökobilanz nach denselben Richtlinien erstellt wird. Nachfolgend werden die vier Bestandteile genauer ausgeführt.

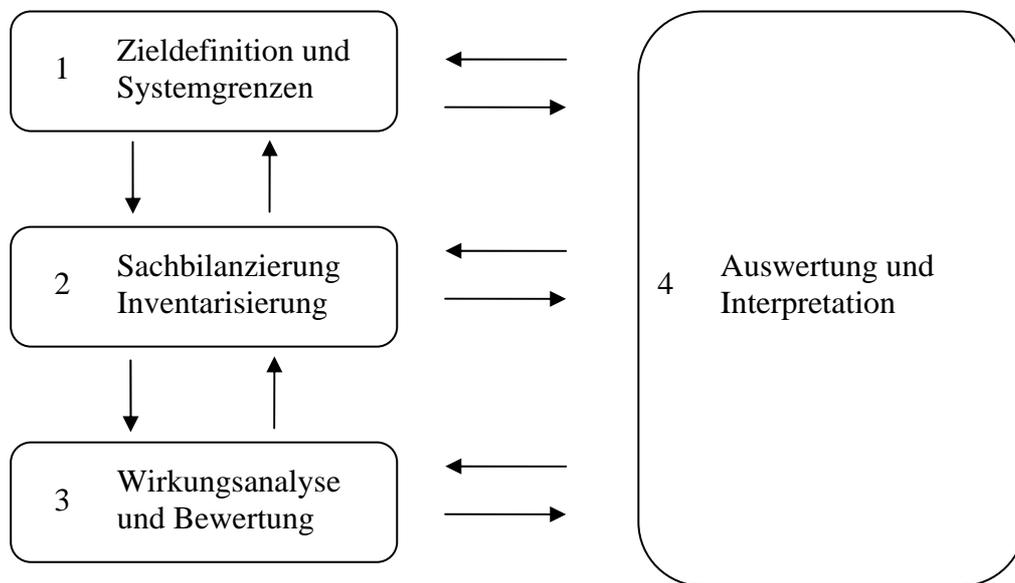


Abbildung 7 – Bestandteile einer Ökobilanz nach ISO 14040

1. Zieldefinition und Systemgrenzen:

Als erstes muss geklärt werden, was genau in der Ökobilanz betrachtet werden soll. Dazu können Fragen wie z.B. Was sind die stärksten Umwelteinwirkungen? oder Wie gross ist die Umwelteinwirkung im Vergleich mit Alternativen? eine Antwort geben.

Jedoch muss man als erstes klären, ob es ein einzelner Prozess ist, oder ob es mehrere Prozesse sind. Gibt es spezifische Standards, welche unbedingt eingehalten werden müssen? Diese Fragen sind vor Beginn zu klären, denn sie sind abhängig von der konkreten Anwendung der Ökobilanz.

Zudem wird auch die Bezugsgrösse für die Ökobilanz die sogenannte funktionale Einheit festgelegt. Als Beispiel wäre bei einem Motor die Umweltbelastung pro Betriebsstunde eine sinnvolle Bezugsgrösse.

2. Sachbilanzierung / Inventarisierung:

In diesem Schritt geht es darum, die Stoff- und Energieflüsse aufzuzeigen. Welche Stoffe und Energien fliessen in unser Produkt hinein, und welche fliessen heraus. Dies genau herauszufinden ist oft eine Detektivarbeit, denn es ist nicht bei jedem Produkt oder Prozess offensichtlich.

Daher empfiehlt es sich, sogenannte Subsysteme bzw. Module zu erstellen. Somit kann für jedes Subsystem eine eigene Stoff- und Energiebilanz erstellt werden, welche dann miteinander verknüpft werden um die gesamten Flüsse zu berechnen.

30.6.09

Einführung in die Thematik Ökobilanzen

3. Wirkungsanalyse und Bewertung:

In diesem Schritt werden die Stoffe- und Energieflüsse welche im Schritt zwei aufgezeigt wurden auf die jeweilige Umweltverträglichkeit geprüft. Die verschiedenen Flüsse der Subsysteme werden gegeneinander verrechnet, womit man die Bilanz erstellt. Die Bewertung muss mit einer anerkannten Bewertungsmethode erfolgen. Die Methodik der Bewertungsmethoden werden weltweit stets weiterentwickelt, wobei bestehende von neueren Methoden abgelöst werden. Das erhaltene Ergebnis wird nach Möglichkeit in Form einer Zahl ausgedrückt, in der Schweiz zum Beispiel mit der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP).

4. Auswertung und Interpretation:

Hier wird als erstes überprüft, ob die Ergebnisse sinnvoll sind, und die in der Zielsetzung geforderten Daten enthalten sind. Ist dies der Fall, werden die Ergebnisse interpretiert und Schlüsse für die Umweltauswirkungen gezogen. Bei einem Vergleich verschiedener Alternativen können z.B. die Umwelteinwirkung verglichen und mit einer Begründung bewertet werden. Ist dies nicht der Fall, müssen nachträglich noch Anpassungen vorgenommen werden. Der vierte Punkt begleitet das gesamte Projekt, so wird nach jedem Schritt eins bis drei, die Zwischenergebnisse auf ihre Plausibilität hin geprüft. (siehe Abbildung 7).

Falls einige Daten zur Erfüllung der Zielsetzung nicht verfügbar sind, so muss die Zielsetzung überprüft und überarbeitet werden. Sind wichtige schädliche Stoffe nicht in der Ökobilanz enthalten, so muss die Sachbilanzierung erneut gemacht oder angepasst werden.

Man kann also sagen, dass das Erstellen einer Ökobilanz ein iterativer Prozess ist, denn es erfolgen mehrere Durchgänge. Es empfiehlt sich, zuerst mit Hilfe von wenigen aber aussagekräftigen Daten eine erste Bilanz zu erstellen. Somit können die grössten Umwelteinwirkungen identifiziert werden, welche in weiteren Schritten immer weiter verfeinert werden.

2.3 Prinzip einer Ökobilanz

Das Prinzip einer Ökobilanz beruht darauf, dass man versucht die ermittelten Umwelteinwirkungen sinnvoll zu werten und gewichten. Somit kann im Anschluss eine sinnvolle Aussage gemacht werden, und z.B. ein Vergleich mit anderen Produkten aufgezeigt werden.

Je nach Bewertungsmethoden werden die entstandenen Umwelteinwirkungen in unterschiedliche Kategorien unterteilt. Häufig werden die vier folgenden Kategorien verwendet:

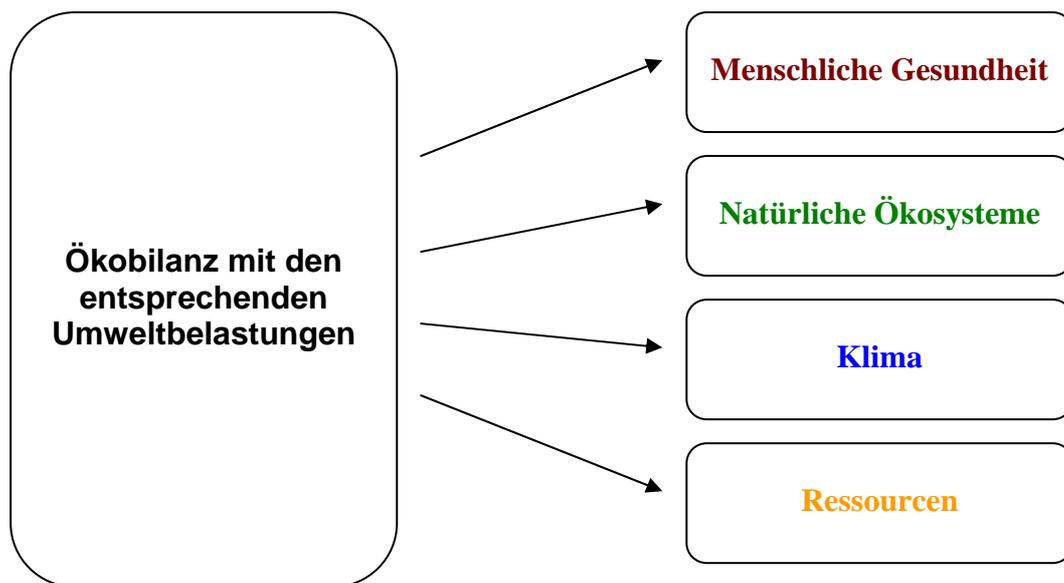


Abbildung 8 – Prinzip einer Ökobilanz

Diese vier Kategorien werden unterschiedlich gewichtet. Die Gewichtung wird auf Grund von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen gemacht. (d.h. es arbeiten Ökonomen, Mediziner, Biologen, Physiker, Naturwissenschaftler und weitere Experten daran.) Je nach Methode werden auch Grenzwerte und aktuelle Schadstoffbelastungen berücksichtigt. Durch die Normierung werden die vier Kategorien „menschliche Gesundheit, natürliche Ökosysteme, Klima und Ressourcen“ nochmals zusammengezogen. Das Resultat kann beispielsweise in Umweltbelastungspunkten (UBP) wiedergegeben werden.

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

2.4 Ablauf einer Ökobilanz

Wie bereits vorgängig schon einmal erwähnt, ist die Komplexität von Ökobilanzen relativ hoch. Um dennoch den Überblick zu behalten, und sicherzustellen, dass alle wichtigen Umwelteinwirkungen mitberücksichtigt worden sind, empfiehlt es sich, mit sogenannten Subsystemen zu arbeiten. Unter Subsystemen versteht man, dass man das Hauptsystem aufteilt, und in mehrere kleinere Systeme unterteilt.

Bevor wir jedoch beginnen Subsysteme zu erstellen, müssen zuerst Ziele und Grenzen definiert werden:

Zieldefinition und Systemgrenze:

Zum Beispiel: Welche Uhr ist umweltfreundlicher, eine teure Rolex oder eine günstige Swatch?

Systemgrenze: Von der Bereitstellung der Rohstoffe bis zu dessen Entsorgung.

Sieht man sich nun die folgende Rolex an, ist es schwer die einzelnen Materialien und Komponenten zu erkennen.



Abbildung 9 – Uhr als Gesamtsystem

[14]



Abbildung 10 – Uhr als Teilsysteme

Also müssen wir die Uhr zerlegen, damit wir uns einen Einblick verschaffen können. Aber sinnvolle Subsysteme zu erstellen erweist sich ebenfalls als eine grosse Herausforderung. Denn es ist meistens möglich, die Subsysteme auf mehrere verschiedene Arten zu bilden, je nach den verschiedenen Gesichtspunkten.

Auf der Abbildung 10 sehen wir die zerlegte Rolex. Eine mögliche sinnvolle Einteilung in Subsysteme wäre es, wenn man Teile welche aus demselben Material bestehen zusammenfasst.

2.4.1 Ablaufschema

Aus jedem einzelnen Subsystem wird die Sachbilanz erstellt. Um die Auswirkung des gesamten Produktes erfassen zu können, müssen diese Bilanzen der Subsysteme zusammen addiert werden. Aus der Sachbilanz lässt sich eine Wirkungsabschätzung dieser Stoffe machen. Die einzelnen Wirkungen aus der Wirkungsabschätzung werden dann zu einer der vier Kategorien der Umwelteinwirkungen zugewiesen.

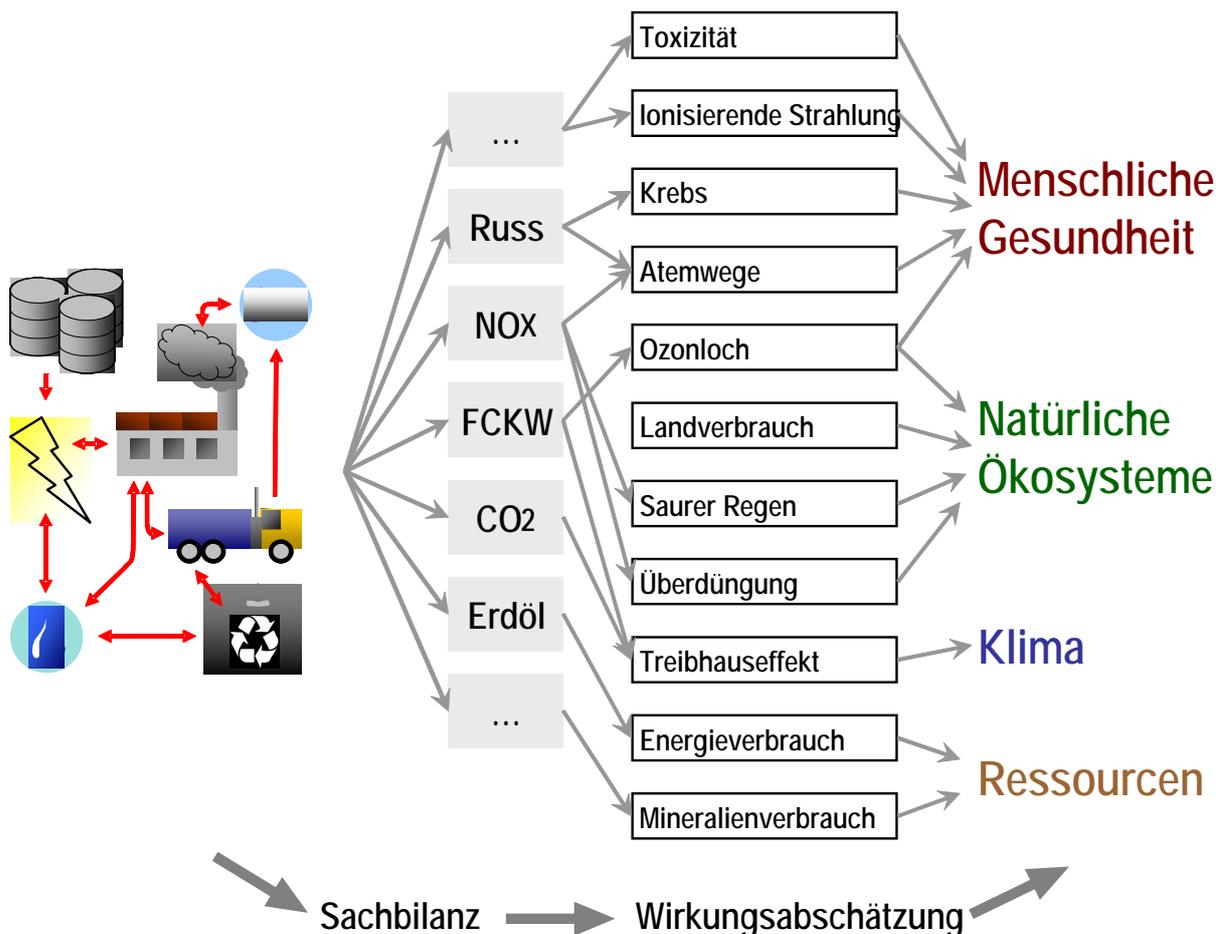


Abbildung 11 – Ablaufschema einer Ökobilanz

2.5 Bewertungsmethoden

Die Vielzahl der Methoden zur Wirkungsabschätzung aus der Sachbilanz zeigen, dass die Wissenschaft der Ökobilanzierung ein junges Entwicklungsgebiet ist. Der Anspruch, die Auswirkungen von Produkten und Tätigkeiten auf das ganze Ökosystem zu beschreiben, erfordert eine stetige Erweiterung der Sachbilanzen und deren Gewichtung. Ökobilanzen sind an Ort und Zeit gebunden. Technische und betriebliche Massnahmen führen zu einer Reduktion an Schadstoffemissionen und damit zu veränderten Sachbilanzen und Wirkungsabschätzungen. Ein in technischen Produkten viel verwendeter Stoff kann sich als sehr toxisch für zum Beispiel Wasserorganismen erweisen. Ist diese Erkenntnis erhärtet, wird diesem Stoff eine höhere Gewichtung zugeteilt. Daher gibt es immer wieder neue bzw. überarbeitete Methoden. Nachfolgend sind einige wichtige Bewertungsmethoden zusammengetragen.

2.5.1 Die Methode der Ökobilanz

Die Methode der Ökobilanzierung ist eine standardisierte Methode, die es erlaubt, die mit einem Produkt, einem Verfahren oder einer Dienstleistung verknüpften Umweltlasten ganzheitlich zu erfassen, zu quantifizieren und im Zusammenhang der gegebenen Fragestellung auszuwerten. Unter ganzheitlicher Betrachtung versteht man die Berücksichtigung aller vor- und nachgelagerten Prozesse. Wie dann die Ökobilanz zu erstellen ist, wurde in der Normenreihe DIN/ISO 14040. beschrieben.

Im ersten Schritt ist vorgeschrieben, dass das Untersuchungsziel festgelegt und der für die Untersuchung geltende Untersuchungsrahmen definiert werden muss.

Im zweiten Schritt wird die Sachbilanz erstellt. Dabei werden die Stoff- und Energieflüsse der einzelnen Prozessschritte auf eine Grösse bezogen, der sog. Nutzeinheit. Dies geschieht unter der Berücksichtigung bestimmter dafür vorgesehenen Regeln.

Im dritten Schritt wird die Wirkungsauswertung durchgeführt. Diese dient dem Erkennen der Zusammenfassung und der Quantifizierung der potenziellen Umweltauswirkungen der untersuchten Systeme und liefert wesentliche Informationen für die anschliessende Auswertung.

Der vierte und letzte Schritt dient der Auswertung. Dabei werden die Ergebnisse aus Sachbilanz und Wirkungsabschätzung in Hinblick auf die Zielstellung zusammengefasst, diskutiert und ausgewertet. Um Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen und Entscheidungen in Bezug auf die Fragestellung abzuleiten, können neben den Ergebnissen auch subjektive Elemente, wie z.B. Wertvorstellungen, technische Machbarkeit sowie gesellschaftspolitische und wirtschaftliche Aspekte einfließen

Die schematische Darstellung dieser Methode können Sie der Abbildung 7 entnehmen.
[8]

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

2.5.2 Methode der ökologischen Knappheit 1997

Die Methode der ökologischen Knappheit erlaubt die Gewichtung der in einer Sachbilanz erfassten Grundlagendaten. Die Methode der ökologischen Knappheit beruht auf dem Prinzip "Distance-to-target". Dabei werden einerseits die gesamten gegenwärtigen Flüsse einer Umwelteinwirkung (z.B. Stickoxide) und andererseits die im Rahmen der umweltpolitischen Ziele als maximal zulässig erachteten (kritischen) Flüsse derselben Umwelteinwirkung verwendet. Sowohl kritische wie auch aktuelle Flüsse sind in Bezug auf schweizerische Verhältnisse definiert.

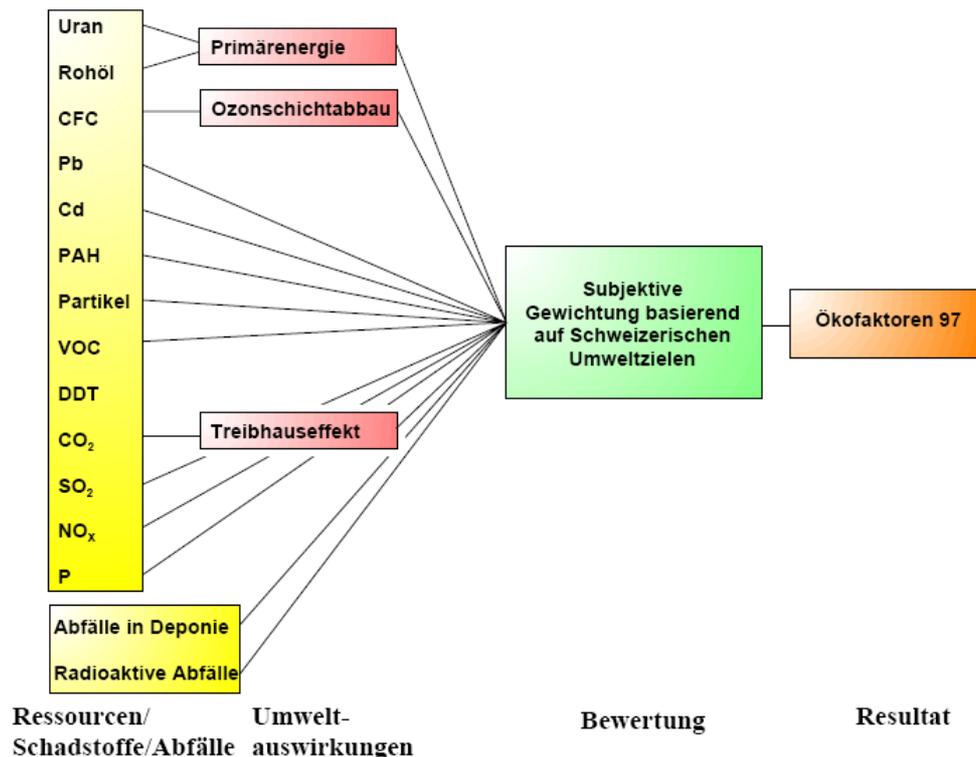


Abbildung 12 – vereinfachtes Vorgehensschema für ökologische Knappheit 1997

Die Bewertung erfolgt mittels Ökofaktoren w_j , welche wie folgt definiert sind:

$$w_j = c \cdot \frac{1}{f_{kj}} \cdot \frac{f_{aj}}{f_{kj}}$$

w_j Ökofaktor w_j , bezogen auf die Umwelteinwirkung j

c Konstante; $c = 10^{12} \text{ a}^{-1}$

f_{aj} aktueller Fluss pro Jahr und Fläche, bezogen auf die Umwelteinwirkung j ; Einheit meist [Tag/Jahr]

f_{kj} Zielfluss (bzw. kritischer Fluss) pro Jahr und Fläche, bezogen auf die Umwelteinwirkungen j . Einheit ebenfalls meistens [Tag/Jahr]

Der Faktor c ist für alle Ökofaktoren identisch und dient der besseren Handhabbarkeit der Zahlen. Der erste Quotient gewichtet die Emission am kritischen Fluss dieser Emission. Der zweite Quotient gewichtet mit dem Verhältnis aus heutigem Gesamtfluss und kritischem Fluss. [9]

2.5.3 Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006

Die Methode der ökologischen Knappheit erlaubt die Wirkungsabschätzung von Sachbilanzen nach dem „distance to target“ Prinzip. Bei der Bestimmung der Ökofaktoren spielen einerseits die aktuelle Emissionssituation und andererseits die schweizerischen oder von der Schweiz mitgetragenen internationalen Ziele die wesentliche Rolle

Die Methode der ökologischen Knappheit erlaubt die Gewichtung von Umwelteinwirkungen im Rahmen einer Ökobilanz von Produkten, Prozessen oder ganzen Organisationen bzw. Firmen. Die Methode verlangt als Eingabegrössen die Ergebnisse einer Sachbilanz. Als Resultat ergibt sich eine Gewichtung dieser Sachbilanz-Daten, ausgedrückt in der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP). Mit anderen Worten: die Sachbilanzgrössen (z.B. CO₂-Emissionen) werden mit dem jeweiligen Ökofaktor (in diesem Fall 310 UBP/kg CO₂) multipliziert um die Umweltbelastungspunkte der entsprechenden Grössen zu bekommen, die dann zu einer Gesamtpunktzahl summiert werden können. Für ein Unternehmen oder andere Interessierte kann es aufschlussreich sein, die Umwelteinwirkungen von seinen Produkten ebenso wie einer Firma auf diese Art zu bewerten, da durch die Umweltbelastungspunkte die Prioritäten der staatlichen Umweltpolitik widerspiegelt werden. [10]

2.5.4 Wirkungsorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 95

Der Eco-indicator 95 (Goedkoop 1995) beruht ebenfalls auf dem Prinzip "Distance-to-target" und erlaubt die Bewertung einer Vielzahl von Luft- und Wasserschadstoffen. In einem ersten Schritt werden die aus der Sachbilanz resultierenden Emissionen in Umweltauswirkungsklassen wie Treibhauseffekt, Versäuerung, etc. zusammengefasst (Klassifizierung) und gemäss ihrer Wirkung innerhalb der entsprechenden Umweltauswirkungsklasse gewichtet addiert (Charakterisierung).

Die beiden zentralen Punkte der Bewertungsmethode Eco-indicator 95 sind:

- die normative Annahme, dass 1 zusätzlicher Toter pro 1 Million Einwohner dasselbe Schadensausmass darstellt wie eine langfristige Schädigung von 5% der europäischen Ökosysteme.
- die Verwendung eines Extrapolationsmodells mit einer linearen Schadensfunktion, indem der heutige Stand der Umweltauswirkungen N_i durch den zu erreichenden Zielwert T_i dividiert wird.

Im Gegensatz zur Methode der ökologischen Knappheit wird explizit davon ausgegangen, dass auf dem Niveau der Zielwerte die verschiedenen Umweltauswirkungen denselben Schaden verursachen. Um diese Zielwerte zu erreichen, müssen gemäss Goedkoop (1995) z.B. die Ozonabbauenden Substanzen um einen Faktor 100, die Treibhausgase lediglich um einen Faktor 2.5 reduziert werden. Für die Normalisierung wird der heutige Stand der Umweltauswirkungen infolge der jährlichen Emissionen in Europa verwendet. Da zudem angenommen wird, dass die Schäden linear mit den Umweltauswirkungen zunehmen, ergibt sich für die Bestimmung der Gewichtungsfaktoren pro Umweltauswirkung die folgende Formel:

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

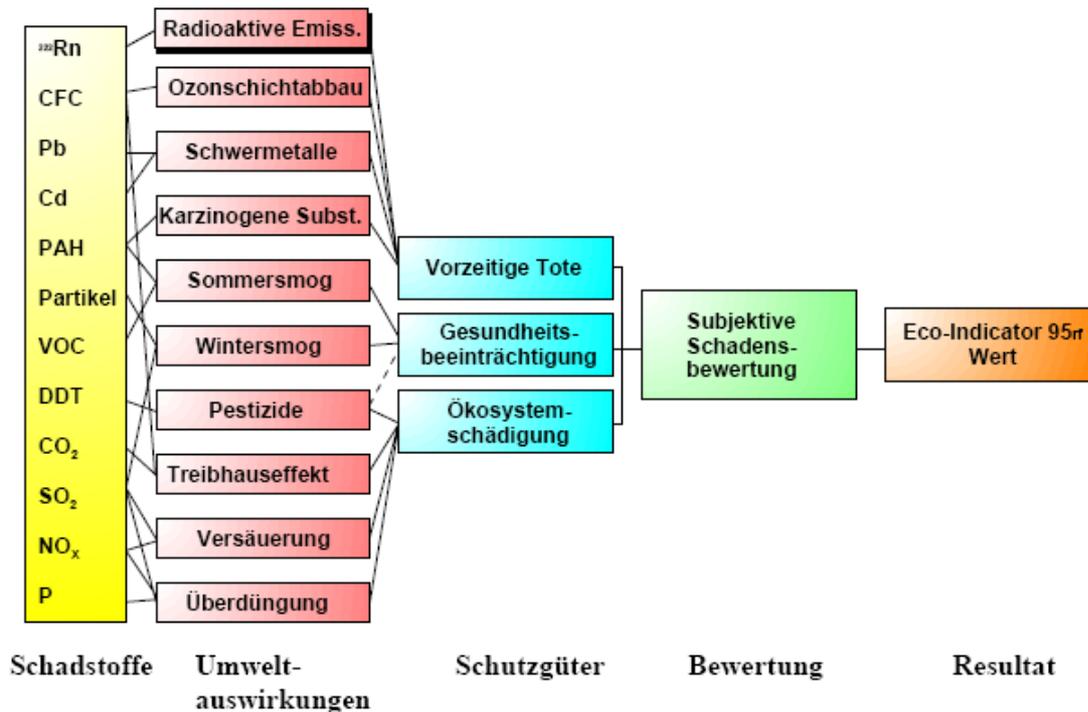


Abbildung 13 – vereinfachtes Vorgehensschema für die Methode Eco-indicator 95

$$w_i = \frac{1}{N_i} \cdot \frac{N_j}{T_{ij}} = \frac{1}{N_i} \cdot r_i$$

- w_i Gewichtungsfaktor der Umweltauswirkung i ,
- N_i Heutiger Stand der Umweltauswirkung i („aktueller Fluss“)
- T_i Zielwert der Umweltauswirkung i („kritischer Fluss“)
- f_{kj} Zielfluss (bzw. kritischer Fluss) pro Jahr und Fläche, bezogen auf die Umwelteinwirkungen j . Einheit ebenfalls meistens [Tag/Jahr]

Der Reduktions- oder Schadensextrapolationsfaktor r_i ergibt sich aus der Division des heutigen Standes der Umweltauswirkungen N_i durch den Zielwert T_i . Das Verhältnis N_i zu T_i ist hier weniger kritisch als bei der Methode der ökologischen Knappheit, da es die Gewichtung lediglich in linearer Form beeinflusst. [9]

2.5.5 Schadensorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 99

Die Methode Eco-indicator 99 (Goedkoop & Spriensma 2000) basiert vollständig auf dem Konzept der Schadensmodellierung. Im Gegensatz zum Eco-indicator 95 erfolgt die Gewichtung der Umweltauswirkungen nicht mehr mit dem "Distance to target" Ansatz sondern explizit über einen Wertungsschritt. Zudem werden weitere Umwelteffekte berücksichtigt (insbesondere die Ressourcenentwertung und (Flächeninanspruchnahme) Verbrauch an Produktionsfläche oder Inanspruchnahme von Flächen).

Diese Methode wurde ausgehend von den Schutzgütern (links in Abb. 2.18) entwickelt und nicht wie der Eco-indicator 95 ausgehend vom Ergebnis der Sachbilanz. Die Schutzgüter, deren Beeinträchtigung es mithilfe einer Ökobilanz zu quantifizieren gilt sind:

- Menschliche Gesundheit
- Ökosystemgesundheit
- Ressourcenentwertung

Ausgehend von diesen drei Schutzgütern werden Umweltschadensmodelle für die als wichtig erachteten Umweltwirkungen entwickelt um damit eine Anbindung an die Sachbilanzergebnisse zu ermöglichen. [9]

2.5.6 Schadensorientierte schwedische Bewertungsmethode EPS 2000

Die schwedische schadensorientierte Bewertungsmethode EPS 2000 geht von fünf Schutzobjekten oder Schutzgütern aus, diese sind:

- Menschliche Gesundheit
- Produktionsvermögen von Ökosystemen
- Abiotische Ressourcen
- Biodiversität
- Kultur- und Erholungswerte

Innerhalb dieser Schutzgüter werden verschiedene Schädigungen mithilfe verschiedener Grössen quantifiziert.

- Bei der menschlichen Gesundheit sind dies: die Lebenserwartung, Schwere Krankheit, Krankheit, starke Belästigung etc.
- Das Produktionsvermögen von Ökosystemen wird für Kulturpflanzen, Holz, Fisch und Fleisch, Bodenqualität, sowie Wasser bewertet.
- Der Verbrauch abiotischer Ressourcen wird nach dem Aufwand bewertet, die Ressourcen aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen. Daraus ergeben sich Gewichtungsfaktoren für Erdöl, Erdgas und Kohle. Die mineralischen Ressourcen werden gemäss den Kosten einer nachhaltigen Produktionsweise gewichtet. So erhält Aluminium, Kupfer, Zink und Eisen etc ebenfalls sog. Gewichtungsfaktoren. Dasselbe wird auch für Elemente aus den Meeren und der Luft, für Stoffe aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Biosphäre und für natürliches Kies gemacht.
- Die Beeinträchtigung der Biodiversität wird mit NEX, einem Indikator für den Artenverlust quantifiziert. Die gesamten jährlichen Ausgaben Schwedens für Präventionsmassnahmen werden zur Bestimmung des Gewichtungsfaktors von INEX herangezogen.
- Das fünfte Schutzgut, das Kultur- und Erholungswerte umfasst, kann nicht generell gewichtet werden. Diese Aspekte sind fallspezifisch zu erfassen und zu quantifizieren.

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

Innerhalb der Schutzgüter menschliche Gesundheit, Produktivität von Ökosystemen und Biodiversität werden die Schäden von Luft- und Wasserschadstoffen bezüglich der aufgelisteten Indikatoren (Lebenserwartung usw., Beeinträchtigung von Ernten, Artenverlust (NEX)) quantifiziert. So tragen CO₂-Emissionen bei zur Reduktion der Lebenserwartung infolge Temperaturstress, Hunger, Hochwasser und Malaria; zu schweren und mittelschweren Krankheiten infolge von Hunger und Malaria, zu einer Beeinflussung der Erträge aus Ökosystemen infolge von Wüstenbildung, Temperaturerhöhung in Waldgebieten und durch CO₂-Düngeeffekte; und zu Artenverlust infolge einer zu schnellen Klimaänderung. [9]

2.5.7 ecoinvent Datenbank

Die internationale ecoinvent Datenbank ist die derzeit weltweit führende Quelle für Ökobilanzdaten mit über 1200 Nutzer und Nutzerinnen in über 40 Ländern. Die ecoinvent Daten werden in Ökobilanzen, Umweltproduktdeklarationen, in CO₂-Bilanzen, in der Integrierten Produktpolitik, im Life Cycle Management, im Umweltdesign, in der Umweltzertifizierung und anderen Anwendungen benutzt.

Der ecoinvent Datenbestand beinhaltet Sachbilanzdaten zu ganz verschiedenen Bereichen.

- Energie: Strom, Öl, Kohle, Erdgas, Biomasse, Biotreibstoffe, Bioenergie, Wasserkraft, Atomenergie, Photovoltaik, Windkraft etc.
- Materialien: Chemikalien, Metalle, Mineralische Rohstoffe, Kunststoffe, Papier, Biomasse etc.
- Abfallentsorgung: Kehrichtverbrennung, Deponie etc.
- Transporte: Strasse, Schiene, Luft, Wasser.

Aber auch Produkte und Prozesse aus der Landwirtschaft, der Elektronik, Metallverarbeitung oder auch der Gebäudebelüftung werden berücksichtigt. [6]

3 Beispiel einer Ökobilanz

Nachfolgend wird aufgezeigt, wie man mit relativ wenig Aufwand eine sogenannte Sachbilanz einer Batterie erstellen kann. Damit kann man eine Abschätzung zu den Umwelteinwirkungen der verwendeten Materialien machen. Wir machen eine Handrechnung, damit die Rechnung auch ohne teure Software nachvollziehbar ist.

Aus dem Datenblatt der Batterie (siehe Anhang B) kann man herauslesen das eine 9V Batterie total 46 Gramm wiegt und aus den nachfolgenden Stoffen besteht:

		Relatives Gewicht in %	Absolutes Gewicht in Gramm
Aktives Material	Magnesiumdioxide	40	18,4
	Zink	19	8,74
	Kaliumdioxide	2,5	1,15
Passives Material	Stahl	28	12,88
	Kupfer	3	1,38
	Nickel	0.5	0,23
	Plastik	7	3,22

Tabelle 1 – Materialübersicht einer 9V-Batterie

Wenn man genügend Erfahrung hat, kann man kleinere Teile aus Papier, Plastik oder der gleichen weglassen. Jedoch gilt der Vorsatz, desto mehr miteinbezogen wird, desto genauer wird die Bilanz.

Da im Datenblatt nur das relative Gewicht angegeben ist, muss man zuerst die absoluten Gewichte der einzelnen Materialien berechnen.

Damit man jetzt die Handrechnung ausführen kann, benötigt man eine Datenbank. Da nicht alle eine spezielle Ökobilanzsoftware wie z.B. Gabi zur Verfügung haben, verwenden wir das Internet. Unter <http://www.probas.umweltbundesamt.de> können Stoffe gesucht werden, z.B. Kupfer.

PROBAS ist ein Webportal und stellt eine Bibliothek für die Lebenszyklusdaten dar. Zahlreiche öffentlich verfügbare Datenquellen sind in der PROBAS-Datenbank integriert, um ein möglichst breites Spektrum an Lebenszyklusdaten zur Verfügung zu stellen. Über umfangreiche Such und Filterfunktionen können die über 8'000 Datensätze durchsucht werden. Die Datenbank wird vom deutschen Umweltbundesamt und dem Öko-Institut zur Verfügung gestellt. Nebst den Prozess-Inputs und Outputs stellt die PROBAS Datenbank auch noch bereits aggregierte Ressourcen- und Luftemissionswerte zur Verfügung. Die aggregierten Werte der Ressourcen werden mit dem KEA (kumulierter Energie Aufwand) dargestellt. Es ist eine Masszahl für den gesamten Aufwand an Energieressourcen zur Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung. Die aggregierten Werte der Luftemissionen werden in Form von CO₂-Äquivalenten, SO₂-Äquivalenten und TOPP-Äquivalenten dargestellt:

CO₂-Äquivalent:

Ist das Ergebnis der Aggregation von Treibhausgasen (THG) nach ihrem Treibhauspotenzial (THP) und stellt einen Indikator für das Umweltproblemfeld „Klima“ dar.

SO₂-Äquivalent:

Ist der quantitative Ausdruck des Versäuerungspotentials, bezogen auf das Gas SO₂.

TOPP-Äquivalent:

(Tropospheric ozone precursor potential equivalents)

Ist der quantitative Ausdruck des bodennahen Ozonbildungspotenzials. [5]

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

Luftemissionen			
Name	direkt	inkl. Vorkette	Einheit
CH4	0	0,0105	kg/kg
CO	0	0,00838	kg/kg
CO2	0	3,72	kg/kg
H2S	0	$3,36 \cdot 10^{-9}$	kg/kg
HCl	0	0,000436	kg/kg
HF	0	$41,9 \cdot 10^{-6}$	kg/kg
N2O	0	0,000175	kg/kg
NH3	0	$1,58 \cdot 10^{-6}$	kg/kg
NMVOG	0	0,000405	kg/kg
Nox	0	0,0164	kg/kg
Perfluoraethan	0	$21 \cdot 10^{-9}$	kg/kg
Perfluormethan	0	$167 \cdot 10^{-9}$	kg/kg
SO2	0	0,0121	kg/kg
Staub	0	0,00199	kg/kg

Luftemissionen (☑ Aggregierte Werte, ☑ TOPP-Äquivalent, ☑ SO2-Äquivalent)			
Name	direkt	inkl. Vorkette	Einheit
CO2-Äquivalent	0	4,01	kg/kg
SO2-Äquivalent	0	0,024	kg/kg
TOPP-Äquivalent	0	0,0215	kg/kg

Abbildung 14 – Probasdatenbank für Kupfer

Uns interessiert die CO₂-Emmission in der Luft. Daher nehmen wir die Daten für das CO₂-Äquivalent. Dieses CO₂-Äquivalent muss nun für alle in der Batterie enthaltenen Stoffe aus den Daten von Probas heraus gesucht werden.

Leider bietet Probas für Kaliumdioxid und Nickel keine Daten an. Da aber diese beiden Stoffe ohnehin am wenigsten zur gesamten Menge beitrage, vernachlässigen wir bei unserer Rechnung diese beiden Stoffe.

CO₂-Äquivalentzwerte aus der Probas-Datenbank.

Magnesiumdioxide	8,73	kg/kg
Zink	5,45	kg/kg
Kaliumdioxide	--	kg/kg
Stahl	2,08	kg/kg
Kupfer	4,01	kg/kg
Nickel	--	kg/kg
Plastik	1,72	kg/kg

Tabelle 2 – CO₂-Äquivalentzwerte

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

Aufgrund dieser Daten, kann man jetzt die Umweltbelastung einer Batterie berechnen:

Magnesiumdioxide	8,73	*	0,0184	=	0,16063	kg CO ₂ -Äquivalent
Zink	5,45	*	0,00874	=	0,04763	kg CO ₂ -Äquivalent
Stahl	2,08	*	0,01288	=	0,02679	kg CO ₂ -Äquivalent
Kupfer	4,01	*	0,00138	=	0,00553	kg CO ₂ -Äquivalent
Plastik	1,72	*	0,00322	=	0,00554	kg CO ₂ -Äquivalent

Tabelle 3 – Umweltbelastung einer 9V-Batterie

Dies entspricht einer Summe von 0,24613kg CO₂-Äquivalent bzw. 246,13 Gramm CO₂- Äquivalent. Diese Zahl erscheint auf den ersten Blick nicht als eine grosse Umweltbelastung. Denkt man jedoch daran, dass Batterie nur 46 Gramm schwer ist, produziert die Batterie rund 5-mal mehr CO₂ als ihr Eigengewicht.

4 Lernkontrolle

- 1) Was heisst LCA, und was versteht man darunter?

LCA = Life Cycle Analysis

Das bedeutet, dass ein Produkt über den ganzen Lebenszyklus betrachtet werden muss. Das bedeutet von der Herstellung über die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgung.

- 2) Beim Ecodesign werden ebenfalls Ökobilanzen eingesetzt. Welche Vorteile bietet dieses Ecodesign?

Dank Ecodesign können Energie, Ressourcen und somit auch Kosten eingespart werden.

- 3) Nennen Sie drei Anwendungsbereiche von Ökobilanzen.

- *Produktion- oder Prozessoptimierung*
- *Sachbilanz*
- *Betriebsbilanz*
- *Umweltmanagementsystem (UMS)*

- 4) Was beinhalten diese einzelnen Bereiche aus Frage 3?

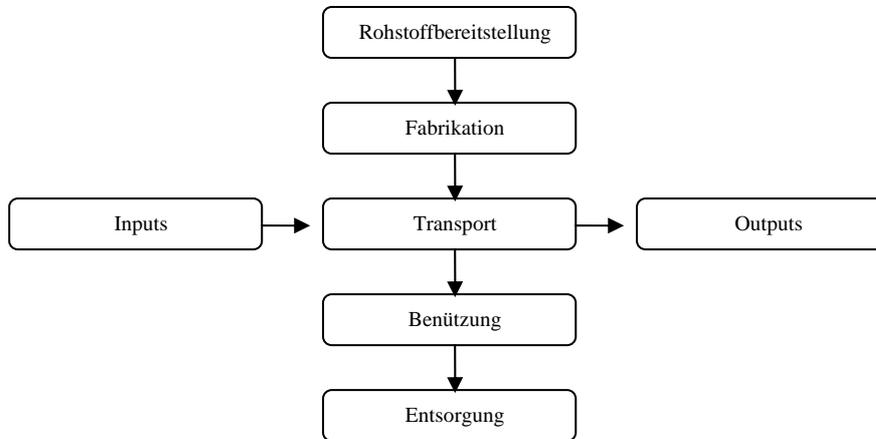
- *Produktion- oder Prozessoptimierung:*
Gibt die Umweltbelastung eines Produktes wieder.
- *Sachbilanz:*
Damit werden nur die verwendeten Materialien einander gegenübergestellt.
- *Betriebsbilanz:*
Erfasst die Umweltbelastung eines Betriebes während eines Jahres.
- *Umweltmanagementsystem (UMS):*
Wird dort eingesetzt wo eine klare Umweltpolitik existiert. Damit werden die Umweltziele und deren Erreichung überprüft.

- 5) Welche zwei wichtigen Punkte müssen beim Erstellen einer Ökobilanz als erstes geklärt werden?

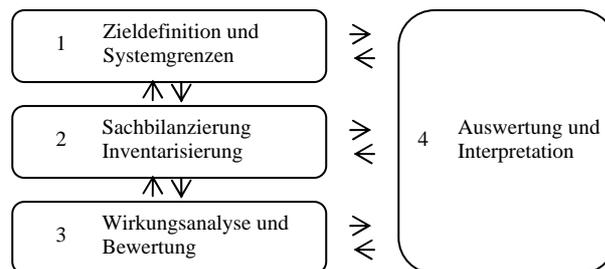
- *Systemgrenze*
- *Bezugsgrösse*

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

6) Skizzieren Sie den Lebenszyklus mit Hilfe des Prozessbaumes.



7) Zählen Sie die Bestandteile einer Ökobilanz auf, und skizzieren Sie, in welchen Zusammenhang die einzelnen Bestandteile zueinander stehen.



8) Um was geht es bei den einzelnen Teilen?

- *Zieldefinition und Systemgrenzen:*
Da wird geklärt, was genau in der Ökobilanz betrachtet werden soll.
- *Sachbilanzierung:*
In diesem Schritt geht es darum, die Stoff- und Energieflüsse aufzuzeigen. Welche Stoffe und Energien fließen in unser Produkt hinein, und welche fließen heraus
- *Wirkungsanalyse:*
In diesem Schritt werden die Stoffe- und Energieflüsse welche im Schritt zwei aufgezeigt wurden auf Ihre Umweltverträglichkeit geprüft.
- *Auswertung und Interpretation:*
Hier wird als erstes überprüft, ob die Ergebnisse sinnvoll sind, und die in der Zielsetzung geforderten Daten enthalten sind.

9) Weshalb spricht man beim Erstellen einer Ökobilanz von einem iterativen Prozess?

Weil man sehr oft mehrere Durchgänge macht, bis man das Endziel erreicht hat. Dabei geht man vom Groben zum Feinen, d.h. zuerst eine Bilanz mit den schädlichsten Stoffen erstellen, danach jeweils mit weniger einflussstarken Stoffen die Bilanz ergänzen.

10) In welche vier Kategorien werden die Umwelteinwirkungen häufig eingeteilt?

- *Menschliche Gesundheit*
- *Natürliche Ökosysteme*
- *Klima*
- *Ressourcen*

11) Wozu bildet man sog. Subsysteme beim Erstellen einer Ökobilanz?

Da die Komplexität eines Systems oft sehr gross ist, macht es Sinn, dass man mehrere kleinere Systeme erstellt, um so einen besseren Überblick zu erhalten.

12) Zählen Sie drei behandelte Bewertungsmethoden auf?

- *Methode der Ökobilanz*
- *Methode der ökologischen Knappheit 1997*
- *Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006*
- *Wirkungsorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 95*
- *Schadensorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 99*
- *Schadensorientierte schwedische Bewertungsmethode EPS 2000*

13) Was bedeutet die Abkürzung UBP, und mit welcher Methode rechnet man mit UBP?

UBP = Umwelt-Belastungs-Punkte

Die Methode der ökologischen Knappheit – 2006 hat als Resultat eine Zahl mit der Einheit UBP

14) Zählen sie drei Hauptbereiche auf, welche die Datenbank ecoinvent beinhaltet?

- *Energie*
- *Materialien*
- *Abfallentsorgung*
- *Transporte*
- *Landwirtschaft*
- *Elektronik...*

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

5 Quellen und Literaturverzeichnis

Der Unterricht basiert auf den Unterlagen „Ökobilanz“ von Herr Adrian Lüthi von der ETH, sowie auf Erkenntnissen der Hochschule Luzern, Technik und Architektur.
Ebenfalls wurden wir durch das Knowhow von Frau Osman von der Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) des Kantons Luzern unterstützt.

Unterlagen:

- [1] EducETH Bildungsportal der ETH Zürich; [Online]
<http://www.educeth.ch>
- [2] Universität Stuttgart; [Online]
<http://www.ikpgabi.uni-stuttgart.de>
- [3] Swisseduc webbasierte Unterrichtsunterlagen [Online]
<http://www.swisseduc.ch>
- [4] VISUM Virtuelle Schule für Umweltmanagement, [Online]
<http://www.visumsurf.ch/>
- [5] PROBAS Datenbank; Daten der Luftemissionen der einzelnen Komponenten, [Online]
<http://www.probas.umweltbundesamt.de>
- [6] ESU-Services; Bewertungsmethoden und Datenbanken (ecoinvent), [Online]
<http://www.esu-services.ch>
- [7] Rolf Frischknecht, ETH Zürich; Umweltverträgliche Technologien: Analyse und Beurteilung
- [8] NOP; Bewertungsmethoden Methode der Ökobilanz, [Online]
<http://www.oc-praktikum.de/>
- [9] ETH Zürich, Methoden der Umweltbewertung technischer Systeme; (2005);
Bewertungsmethoden
- [10] ETH Zürich, Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren; (2008);
Bewertungsmethoden

30.6.09
Einführung in die Thematik Ökobilanzen

Abbildungen:

- [11] Recycling
Institut für Konstruktionswissenschaften der Technischen Universität Wien, [Online]
<http://www.ecodesign.at>
- [12] Blauer Engel
Blauer Engel, [Online]
<http://www.blauer-engel.de/>
- [13] Ecodesign
GreenWithGlamour, [Online]
<http://www.greenwithglamour.com/>
- [14] Uhr als Gesamtsystem und Uhr als Teilsystem
Ihr Uhrenmacher Andreas Stötzer, [Online]
<http://www.antikuhrmacher.de/>