

(Auszug aus Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014)

## Ökobilanz

### Anwendungsbereiche

Die Ökobilanz ist eine Methode zur Untersuchung der Umwelteinflüsse von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen während des gesamten Lebenszyklus.

Sie eignet sich für:

- Auffinden von ökologischen Verbesserungspotentialen innerhalb des Lebenszyklus von Produkten oder Prozessen (Produkt- und Prozessdesign, Schwachstellenanalyse)
- Vergleich von Umweltauswirkungen verschiedener Produkte/Aktivitäten innerhalb derselben Funktion ☐ Unterstützung bei Kaufentscheidungen (Ökolabels, ökologisches Marketing)
- Szenarienvergleiche zur Identifizierung von optimalen Strategien (Politik)

Sie ist nicht oder nur bedingt geeignet für:

- Störfallbedingte Einwirkungen auf die Umwelt (→ Prozessrisikoanalyse)
- Unterstützung bei der Standortwahl (→ nur sehr begrenzt, Umweltverträglichkeitsprüfung besser geeignet)
- Beurteilung des Umweltmanagements eines einzelnen Unternehmens (→ Ökoaudit)
- Bewertung der nicht-ökologischen Dimensionen der Nachhaltigkeit (soziale und ökonomische Aspekte)

## Aufbau Ökobilanz

Die Ökobilanz wurde im Rahmen der ISO Normen 14040 und 14044 standardisiert. Die Norm schreibt vier Hauptphasen vor (Abbildung 1):

1. Ziel und Rahmenbedingungen
2. Sachbilanz
3. Wirkungsbilanz
4. Auswertung

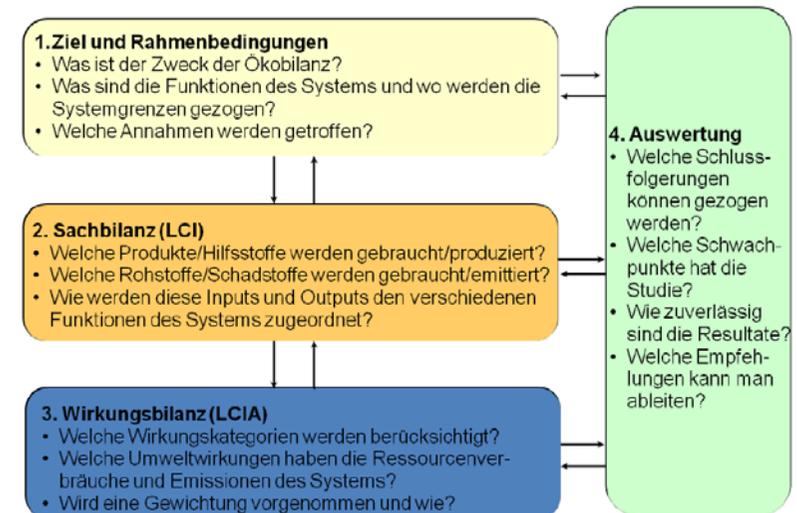


Abbildung 1: Phasen der Ökobilanz nach ISO 14040/44

Die vier Phasen der Ökobilanz werden in der Praxis meistens nicht rein sequentiell durchgeführt, sondern iterativ. Beispielsweise muss die Dokumentation der Rahmenbedingungen in der ersten Phase oft aufgrund von Schwierigkeiten bei der Datensammlung in der zweiten Phase angepasst werden. Auch kann aufgrund der Resultate eine Verfeinerung von Datensätzen als nötig erscheinen (Sensitivitätsanalyse).

## Ziel und Rahmenbedingungen (Phase 1)

### Kurzfassung

Die Definition des Ziels und der Rahmenbedingungen ist eine vor allem qualitativ ausgerichtete Phase, in der u.a. das Ziel der Studie, die angesprochene Ziel- bzw. Nutzergruppe der Ökobilanz, die funktionelle Einheit, die Systemgrenzen und wesentlichen Annahmen dokumentiert werden. Diese Phase hat u.a. den Zweck, ein strukturiertes und fokussiertes Vorgehen bei der Erstellung der Ökobilanz vorzubereiten, Transparenz über die getroffenen Annahmen und Vereinfachungen zu schaffen und den Gültigkeitsbereich der Ökobilanz abzustecken.

### Methode und Vorgehen

Folgende Fragestellungen sollen in dieser Phase der Ökobilanz beantwortet und erläutert werden:

#### o Was ist das Ziel der Untersuchung?

Es sollte dokumentiert werden, für welche Zwecke die Ökobilanz eingesetzt werden soll (und für welche nicht). Die Zieldefinition hat einen Einfluss auf viele der kommenden Schritte, z.B. die Definition der funktionellen Einheit sowie die Annahmen und Vereinfachungen, die getroffen werden können.

#### o Warum wird die Studie ausgeführt? Wer soll die Resultate verwenden (firmenintern oder öffentlich)? Werden Produktvergleiche vorgenommen?

Die Beantwortung dieser Fragen gibt Hinweise auf den möglichen Anwendungsbereich der Ökobilanz und auf die Ansprüche hinsichtlich der Qualität der Ökobilanz. Die ISO erhebt unterschiedliche Anforderungen an eine interne Studie und an externe Studien mit Produktvergleichen, die der Öffentlichkeit kommuniziert werden sollen. Im erstem Fall sind die Freiheitsgrade relativ gross, während in letzterem Fall z.B. ein unabhängiges kritisches Review durch unabhängige Experten durchgeführt werden muss (siehe ISO 14040 und 14044).

#### o Zur Dokumentation oder zur Entscheidungsunterstützung?

Ökobilanzen können dazu genutzt werden, die Umweltwirkungen eines Produktes zu beschreiben (z.B. für Umweltberichte) oder um Entscheidungen zu treffen (z.B. zum Produktdesign).

#### o Geographischer, zeitlicher und technologischer Geltungsbereich?

Ökobilanzen haben einen geographischen und zeitlichen Geltungsbereich. Z.B. kann eine Technologie global oder nur in gewissen Regionen verbreitet sein, was Auswirkungen auf die geographische Verwendbarkeit der Resultate der Studie haben würde. Des Weiteren können die Umweltwirkungen variieren, wenn die Zulieferkette regional abhängig ist. Wenn z.B. Elektrizität durch das zu untersuchende Produktsystem bezogen wird (was in fast allen

Ökobilanzen der Fall ist), hängen die Umweltwirkungen stark vom lokalen Elektrizitätsmix (Kraftwerksmix) ab.

#### o Was sind die Funktionen des Systems und auf welche Art und Weise können diese Funktionen bereitgestellt werden? Wie wird die funktionelle Einheit definiert?

Die funktionelle Einheit ist laut ISO der Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit in einer Ökobilanz-Studie (ISO 14040). Die passende Wahl der funktionellen Einheit ist sehr wichtig, denn in den späteren Phasen der Ökobilanz werden alle Inputs und Outputs (Ressourcenverbräuche und Emissionen) sowie deren Wirkungen auf die funktionelle Einheit bezogen. Wird die funktionelle Einheit nicht adäquat definiert, kann dadurch die Qualität der Studie stark beeinträchtigt werden.

Oftmals ist es nicht möglich, eine exakt identische funktionelle Einheit für die zu vergleichenden Systeme zu finden (Beispiel: bei einem Vergleich einer Energiesparlampe mit einer konventionellen Glühbirne wäre eine mögliche funktionelle Einheit Y Stunden Licht mit einer Helligkeit von X Lumen; allerdings wären eventuelle Unterschiede in der Qualität oder „Wärme“ des Lichts damit nicht berücksichtigt). Nicht berücksichtigte Funktionen sollten dokumentiert werden.

#### o Wo werden die Systemgrenzen gezogen?

Im Allgemeinen wird in einer Ökobilanz der gesamte Lebensweg eines Produktes (Herstellung, Transportprozesse, Gebrauch, Entsorgung) berücksichtigt. Allerdings werden die Systemgrenzen in der Praxis oft enger gefasst. Z.B. können Prozesse oder ganze Lebenszyklusphasen ausgeschlossen werden, die identisch bei den zu vergleichenden Systemen und somit nicht entscheidungsrelevant sind. Oft werden auch Prozesse ausgeschlossen, die von vorneherein als nicht relevant eingestuft werden. Anfangs empfiehlt es sich, ein vereinfachtes Flussdiagramm (Systemflussbild; Flowchart) zu zeichnen. Prozesse sollten in Kästen dargestellt werden, Materialien bzw. Produkte als Pfeile (oft nicht angeschrieben). Die Systemgrenzen zeigen hierbei auf, welche Prozesse in der Ökobilanz berücksichtigt werden (und welche ggf. nicht).

#### o Welche Allokationsverfahren werden angewendet?

Falls Mehrproduktsysteme Teil des zu untersuchenden Systems sind, sollte die Art des Allokationsverfahrens (siehe Kapitel Sachbilanz sowie Kapitel Definitionen) genannt und begründet werden.

#### o Welche Vereinfachungen und Annahmen werden getroffen? Welche Anforderungen werden an die Datenqualität gestellt?

Alle Vereinfachungen sollten gut dokumentiert sein und eine Begründung aufgeführt werden, warum diese Vereinfachungen getroffen wurden und warum sie als zulässig erachtet werden (z.B. Dokumentation der Abschneidekriterien bei Vernachlässigung von Prozessen).

#### o Welche Umweltauswirkungen werden berücksichtigt und warum?

Bereits in der ersten Phase sollte dokumentiert werden, welche Wirkungskategorien in der dritten Phase der Wirkungsabschätzung berücksichtigt werden und welche Methoden und Modelle angewendet werden. Bei Vernachlässigung von Wirkungskategorien sollte begründet werden, warum diese nicht relevant sind. Aufgrund der Aufzählung der Wirkungskategorien in der Definition der Rahmenbedingungen kann der Arbeitsaufwand bei der Datensammlung unter Umständen reduziert werden, da nur solche Emissionen und Ressourcenverbräuche erhoben werden müssen, die zu diesen Wirkungen beitragen.

Neben der Beantwortung der oben aufgelisteten Fragen sollten die Anforderungen bezüglich Genauigkeit, Vollständigkeit, Konsistenz, Nachvollziehbarkeit, Datenqualität und Unsicherheit der Informationen beschrieben werden.

### Beispiel Systemgrenzen

Das folgende Beispiel soll aufzeigen, wie sich das Resultat einer Ökobilanz durch die Wahl der Systemgrenzen beeinflussen lässt.

Angenommen, es sollen die Umweltwirkungen der Entsorgung des Pro-Kopf-Aufkommens an Abfall in der Schweiz für die aktuell gegebene Entsorgungsstruktur sowie für die eines Zukunftsszenariums mit erhöhtem stofflichem Recycling verglichen werden. Die Systemgrenzen für die thermische Behandlung können unterschiedlich gezogen werden (siehe Abbildung). Im Fall von Systemgrenze 1 ist neben dem Abfalltransport und dem Verbrennungsprozess (inklusive aller vorgelagerten Schritte wie der Hilfsmittelproduktion und Infrastruktur) auch die Deponierung der festen Rückstände (Schlacke und Filterasche) berücksichtigt, während letzteres bei der Systemgrenze 2 vernachlässigt wird (Abbildung 2). Beide Systemgrenzen wurden in der Praxis bei vergangenen Ökobilanz-Studien bei der thermischen Entsorgung gezogen. Eine Begründung für Systemgrenze 1 ist, dass sie alle Prozesse beinhaltet. Bei Systemgrenze 2 könnte argumentiert werden, dass ein grosser Teil der Schadstoffe aus den nachgeschalteten Deponien erst in weiter Zukunft (> 100 Jahre) emittiert wird und daher in der Studie nicht berücksichtigt wird.

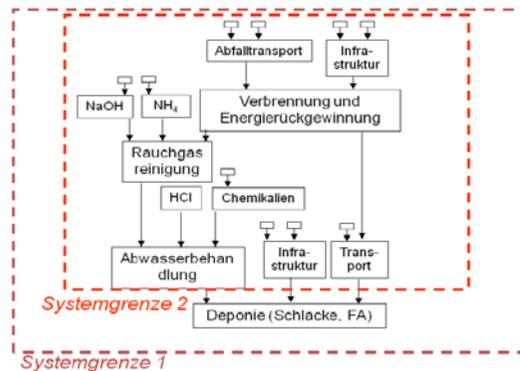


Abbildung 2: Beispiele möglicher Systemgrenzen bei der Kehrichtverbrennung. Leere Kästchen stehen stellvertretend für weitere Prozesse (Hintergrundprozesse). FA: Filterasche.

Abbildung 3 zeigt die Auswirkungen der beiden Systemgrenzen auf die Resultate der Ökobilanz. Die funktionelle Einheit ist hierbei die Entsorgung der Pro-Kopf Abfallmenge Schweiz. Für beide Szenarien sind die Umweltwirkungen massiv kleiner bei Systemgrenze 2 (ohne rot straffierten Bereich der jeweils linken Säule), da zum Teil toxische Substanzen (in kleinen Konzentration, aber über sehr lange Zeiträume) von den Deponien emittiert werden.

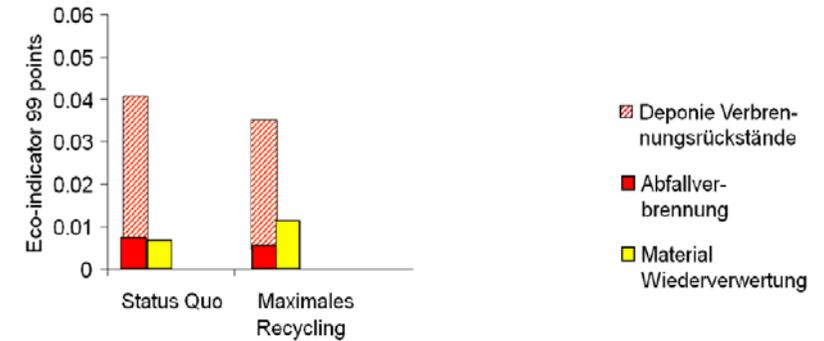


Abbildung 3: Resultat des ökobilanziellen Vergleichs der zwei Abfallentsorgungs-Szenarien

ACHTUNG: Im Szenario „Maximales Recycling“ werden mehr Sekundärmaterialien zurückgewonnen als im Szenario „Status Quo“, während im Szenario „Status Quo“ mehr Energie produziert wird. Die Sekundärmaterialien sowie die Energie sind sogenannte „Koppelprodukte“ des untersuchten Systems (d.h. sie fallen zusammen mit dem untersuchten Service „Abfallentsorgung“ an). Stichwort: Mehrproduktsystemen (Multi-Output-Systemen).

### Beispiele Definition der funktionellen Einheit

Hier sind einige Beispiele und mögliche funktionellen Einheiten (FE) aufgeführt. Es gilt den Nutzen des Produkts oder der Dienstleistung zu beschreiben.

o Vergleich von Getränkeverpackungen:

FE: 1 verpackter Liter Getränk

o Vergleich von Energiesparlampe mit konventioneller Glühlampe:

FE: 1000 h Licht mit einer definierten Helligkeit (Lumen)

o Vergleich des Personentransports mit dem Auto und der Bahn

FE: Transport einer Person einen Kilometer weit (1 Personenkilometer)

o Vergleich verschiedener Heizsystemen:

FE: 1 Kilowattstunde Nutzwärme

o Vergleich verschiedener Abwasserbehandlungen:

FE: 1 Kubikmeter behandeltes Abwasser mit definierter Zusammensetzung und Ausflussqualität

### **Schlussfolgerungen**

In der Phase 1 der Definition des Ziels und der Rahmenbedingungen wird ein strukturiertes Vorgehen bei der Ökobilanzierung vorbereitet, der Anwendungs- und Gültigkeitsbereich abgesteckt, vereinfachende Annahmen werden dokumentiert und somit die Transparenz der Ökobilanz erhöht. Es sollte darauf geachtet werden, dass alle Vereinfachungen begründet und keine wichtigen Aspekte ausgelassen werden, um die Resultate der Ökobilanz nicht zu verfälschen. Besonders wichtig ist die Definition einer geeigneten funktionellen Einheit, da sich in den späteren Phasen alle Inputs und Outputs auf die funktionelle Einheit beziehen werden. Ebenso ist ein adäquates Ziehen von Systemgrenzen wichtig, da ein Vernachlässigen von relevanten Prozessen die Resultate verfälschen kann.

### **Übungsaufgaben**

1. Definieren Sie eine passende funktionelle Einheit für den Vergleich von Filterkaffee mit löslichem Kaffee im Rahmen einer Ökobilanz. Gibt es Aspekte, die Sie mit Ihrer funktionellen Einheit nicht (gut) erfassen können?
2. In der Vergangenheit wurden zahlreiche Ökobilanzen von Windeln durchgeführt, die sich z.T. in ihren Ergebnissen und Schlussfolgerungen widersprachen. Grund hierfür war eine unterschiedliche Definition der funktionellen Einheit. Welche Alternativen für funktionelle Einheiten können Sie sich vorstellen und welche davon würden Sie aus welchen Gründen bevorzugen?
3. Nehmen Sie an, Sie sind ein Produzent von Schokoladeneis und wollen die Umweltwirkungen ihres Produkts möglichst effektiv vermindern. Erstellen Sie ein Flussdiagramm für die Produktion von Schokoladeneis. Starten Sie hierbei mit den Inhaltsstoffen des Produkts und den Verpackungsmaterialien und ergänzen Sie die weiteren Prozesse entsprechend Ihrer Vorstellung von dem Produktionssystem (keine Recherchen über die Details der Schokoladeneisproduktion notwendig). Welche Prozesse würden Sie berücksichtigen, welche eher vernachlässigen? Gibt es Mehrproduktsysteme in Ihrem System, die einer Allokation bedürfen?