

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schiefer

EcoDesign

Entwicklung umweltgerechter Produkte

Methodik des EcoDesign

Ökologische Schwachstellen ermitteln (1)

Ökobilanzierung

1

Hinweis

Haftungsausschluß

- Die Vorlesungs- und Übungsunterlagen sind ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt!
- Die Weitergabe der Unterlagen an Dritte, ihre Vervielfältigung oder Verwendung auch von Auszügen davon in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist nicht gestattet.
- Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen!

Wichtig

Die jeweils neuesten Vorschriften sind den geltenden Normen, Regelwerken und Richtlinien zu entnehmen!

Inhalt

- Definition EcoDesign
- Methodik der Entwicklung umweltgerechter Produkte: EcoDesign
- Ökologische Schwachstellen ermitteln
- Ökobilanz – Life Cycle Assessment
 1. Ziel und Rahmenbedingungen
 2. Sachbilanz (LCI)
 3. Wirkungsbilanz (LCIA)
 4. Auswertung

3

Viele Begriffe.....

Im Zusammenhang mit der Entwicklung umweltgerechter Produkte haben verschiedene Begriffe etabliert wie z.B.:

- „EcoDesign“ (manchmal auch „Öko-Design“),
- „Design for the Environment“ (DfE),
- „Life Cycle Design“ (LCD),

Problem: Es gibt für diese Begriffe keine einheitlichen Definition.

Begriffe wie „Design for Sustainability“ (DfS) beziehen sich auf („Sustainability“ bzw. „Nachhaltigkeit“) einen über die Produktentwicklung hinausgehenden, größeren und vielfach auch sozialen und gesellschaftlichen Kontext.

4

..... vage Definitionen

Im DIN-Fachbericht ISO/TR 14062 „Umweltmanagement - Integration von Umweltaspekten in Produktdesign und -entwicklung“ wird „EcoDesign“ als „...Integration von Umweltaspekten bei Produktdesign und -entwicklung...“ definiert

⇒ sehr vage Definition

⇒ ermöglicht keine eindeutige Abgrenzung, was unter „EcoDesign“ verstanden werden kann.

Insbesondere in Umweltberichten von Unternehmen wird der Begriff weit gefasst, er kann z.B. bedeuten:

- die Bereitstellung von Entsorgungseinrichtungen für die Produkte,
- die Berücksichtigung einer Checkliste zur Materialauswahl in der Produktentwicklung
-

5

Was versteht man unter EcoDesign?

- Richten sich Unternehmen *proaktiv* auf die Entwicklung umweltgerechter Produkte aus, spricht man von **EcoDesign**.
- Das Präfix „*eco*“ kann sowohl als „*ecological*“ als auch als „*economic*“ gedeutet werden.
- Dies unterstreicht die *Forderung nach umwelt- und marktgerechten Produkten*, denn nichts ist aus umwelttechnischer Sicht so sinnlos wie ein Produkt, welches für den Kunden nutzlos ist.



6

Definition EcoDesign

„EcoDesign“

ist die proaktive, ganzheitliche ökologische, ökonomische und technische Optimierung von Produkten unter Berücksichtigung ihres gesamten Lebensweges

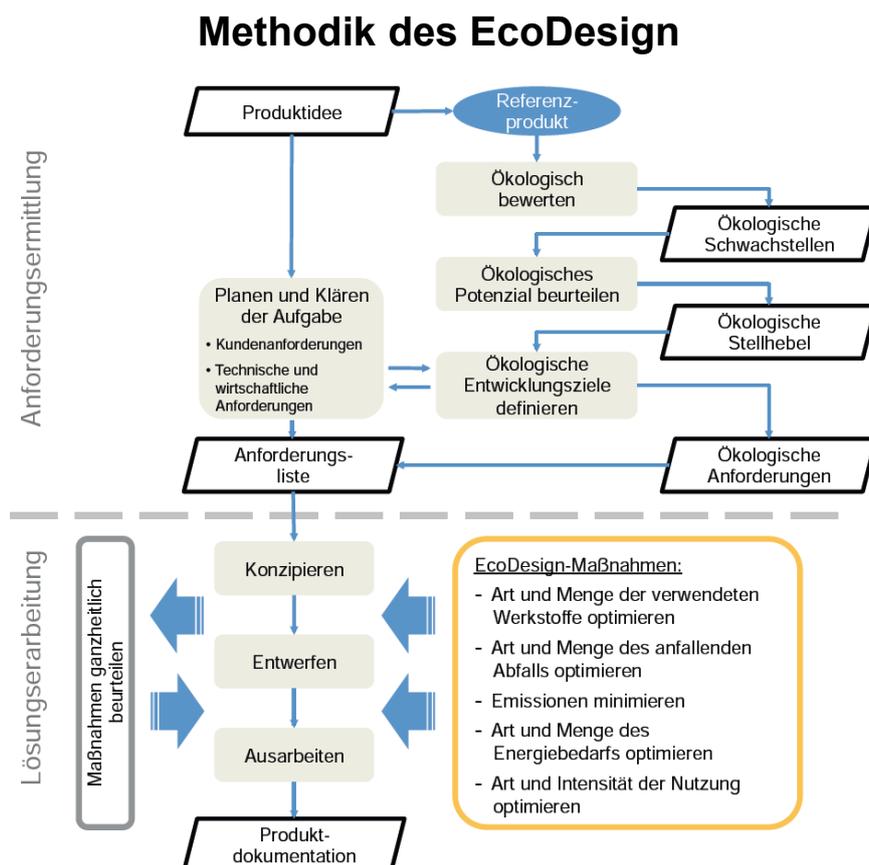
- Die Definition gilt auch, wenn von der „Entwicklung umweltgerechter Produkte“ die Rede ist.
- Die bevorzugte Verwendung des Begriffes „EcoDesign“ ergibt sich lediglich aus dessen größerer Verbreitung über verschiedene Sprachräume hinweg.

Methodik der Entwicklung umweltgerechter Produkte: EcoDesign

Methodik des EcoDesign

- Beim EcoDesign wird Umweltbelangen mindestens die gleiche Wertigkeit zugesprochen wie den „traditionellen“ Entwicklungszielen
 - Funktionalität
 - Kosten
 - Qualität
- Um der Vielfalt der oft widersprüchlichen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine methodische Vorgehensweise erforderlich

9



Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

10

EcoDesign zielgerichtet durchführen

Phase 1: Anforderungsermittlung

1. Referenzprodukt ökologisch bewerten
2. Ökologische Schwachstellen ermitteln
3. Ökologisches Potential beurteilen
4. Ökologische Stellhebel identifizieren, die aufzeigen, in welchen Bereichen das zu entwickelnde Produkt ökologisch optimiert werden kann.
5. Ökologische Entwicklungsziele definieren
6. Ökologische Anforderungen ableiten
7. Anforderungsliste erarbeiten

Phase 2: Lösungserarbeitung

- Produkt methodisch konzipieren und entwerfen
- EcoDesign-Maßnahmen anwenden, um ökologisch sinnvolle Entscheidungen zu treffen.
- Maßnahmen ganzheitlich beurteilen
- Entwurf ökologisch bewerten

11

Ökologische Schwachstellen ermitteln mittels ökologischer Bewertung (eines Referenzproduktes)

Zur ökologischen Bewertung von Produkten gibt es eine Fülle von Methoden,

- von *einfachen Checklisten* bis hin zu
- softwareunterstützten, aufwendigen Bilanzierungsmethoden wie der *Ökobilanzierung*

Gemeinsam ist allen Methoden, dass

- nicht nur die Produktionsphase eines Produktes betrachtet wird,
- sondern *alle Phasen im Produktlebenslauf: Werkstoffherstellung, Produktion, Nutzung, Recycling / Entsorgung*

Darüber hinaus ist auch die *Befragung von Experten* zur ökologischen Bewertung von Produkten denkbar

- einfachste Möglichkeit
- erfordert jedoch einen Experten (z. B. Umweltbeauftragten), der mit dem Produkt und der Umweltthematik vertraut ist.

12

Ökologische Schwachstellen ermitteln (1)

Ökobilanz – *Life Cycle Assessment*

Ökobilanz (LCA)

- auch Lebenszyklusanalyse resp. **Life Cycle Assessment (LCA)** genannt.
- *Instrument zur Quantifizierung von Umweltwirkungen eines technischen Systems (Produktsystem) über den gesamten Lebensweg hinweg „von der Wiege bis zur Bahre“.*
- beim EcoDesign zur Bewertung von potenziellen Umweltwirkungen eines Produktes entlang seines gesamten Lebenslaufs genutzt

Hintergrund

- Ökobilanzen erfreuen sich einer wachsenden Beliebtheit und werden vermehrt als Entscheidungsunterstützungsinstrument in der Industrie, bei Behörden und von Konsumenten eingesetzt.
- Die **Vorteile der Ökobilanz** sind, dass sie den gesamten Lebensweg eines Produktes oder einer Aktivität berücksichtigen und dabei eine Vielzahl von Emissionen/Ressourcenverbräuchen sowie Umweltwirkungen quantifiziert.
- Auf dieser Grundlage ist in den meisten Fällen eine **Priorisierung von Verbesserungsmaßnahmen oder eine Auswahl der besten Produktalternative** im Hinblick auf ökologische Aspekte möglich.
- Obwohl nur sehr wenige Ökobilanzen die Umweltwirkungen in monetären Einheiten messen, stellt die Ökobilanz ein hilfreiches Instrument dar, um externe Umwelteffekte in quantitativen Größen auszudrücken und in die Entscheidungsfindung einzubringen.

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

15

Anwendungsbereiche einer Ökobilanz

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

Sie eignet sich u.a. für:

- **Auffinden von ökologischen Verbesserungspotentialen innerhalb des Lebenszykluses von Produkten oder von Prozessen (EcoDesign, ökologisches Prozessdesign, Schwachstellenanalyse)**
- **Vergleich von Umweltauswirkungen verschiedener Produkte/Aktivitäten innerhalb derselben Funktion (EcoDesign, Ökolabels, ökologisches Marketing, z.B. zur Unterstützung bei Kaufentscheidungen)**
- **Szenarienvergleiche zur Identifizierung von optimalen Strategien (Politik)**

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

16

ISO Normen 14040 und 14044

- Da das Ergebnis stark von den jeweils getroffenen Annahmen abhängt, wurde die Ökobilanz im Rahmen der ISO standardisiert, um
 - die Diversität durchgeführter Ökobilanzen einzudämmen
 - die Glaubwürdigkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040)
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044)

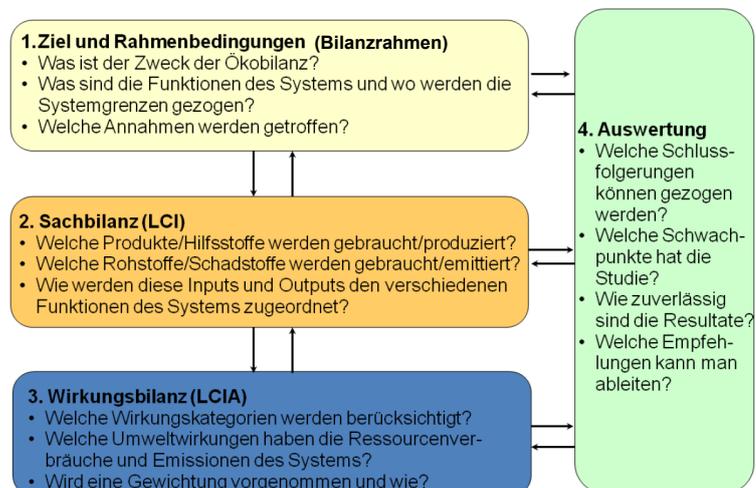
⇒ [Kostenloser Download ISO 14040 & ISO 14044 aus Hochschulnetz:](http://www-fr.redi-bw.de/db/start.php?PSID=6b4991185e9ae199cdd9658373b85bfa&database=Perinorm-Web&organization=fhfm)
<http://www-fr.redi-bw.de/db/start.php?PSID=6b4991185e9ae199cdd9658373b85bfa&database=Perinorm-Web&organization=fhfm>
(ReDI - Regionale Datenbank-Information Baden-Württemberg)

17

Aufbau einer Ökobilanz

Eine Ökobilanz besteht aus 4 Schritten:

1. *Definition des Ziels und der Rahmenbedingungen*
2. *Sachbilanz (LCI)*, in welcher die Emissionen und Ressourcenverbräuche des zu untersuchenden Systems ermittelt werden
3. *Wirkungsbilanz (LCIA)*, in welcher die Umweltwirkungen der Emissionen und Ressourcenverbräuche quantifiziert werden
4. Auswertung / Interpretation.



Quelle: Heilweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

18

Iterative Durchführung der vier Phasen

- Die vier Phasen der Ökobilanz werden in der Praxis meistens nicht rein sequentiell durchlaufen, sondern iterativ.
- Beispielweise 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).

19

Gegenwärtiger Entwicklungsstand

- Trotz verbreiteter Anwendung ist die *methodische Entwicklung von Ökobilanzen bei weitem nicht abgeschlossen*.
- Herausforderungen stellen z.B. *komplexe globale Wertschöpfungsketten* mit einer Vielzahl von Akteuren dar, die die Datenerhebung erschweren und für eine Umsetzung eine Kooperation einer Vielzahl von Akteuren verlangen.
- Ebenfalls sind *einige Umweltwirkungen noch gar nicht oder nicht ausreichend gut in der Ökobilanz abgebildet*. Dies bezieht sich insbesondere auf *Wirkungen mit verzögertem, ortsabhängigem oder noch (weitgehend) unbekanntem Wirkungsmechanismus*.

Quelle: Hellweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

20

Die Erstellung einer Ökobilanz ist sehr aufwendig

Die Ökobilanz ist das umfassendste Instrument, um Umweltbeeinträchtigungen eines Produktes zu beurteilen.

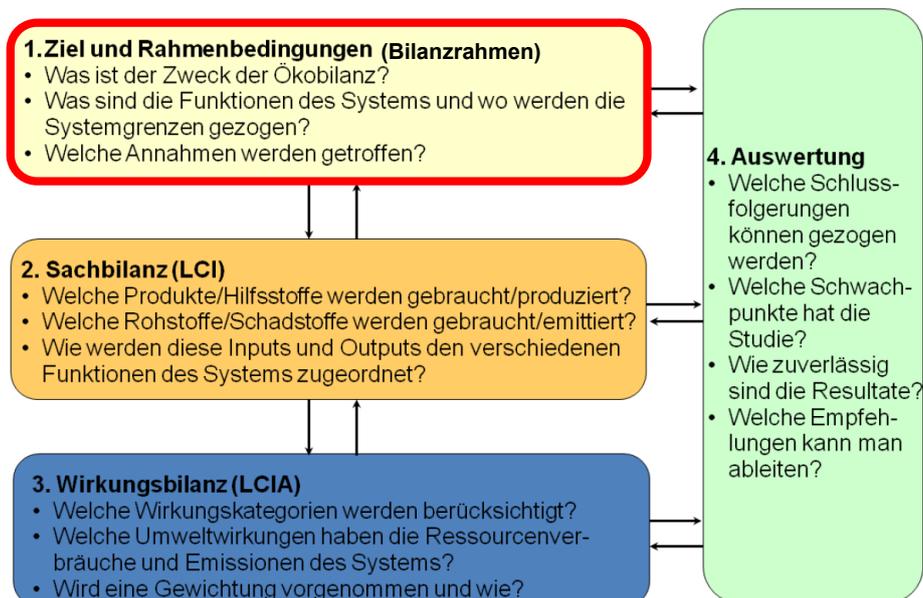
Die **Erstellung** einer Ökobilanz wird zwar durch Computerprogramme unterstützt, ist jedoch trotzdem **sehr aufwendig**:

- Produkte bestehen aus einer **Vielzahl von Bauteilen**.
- Für jedes dieser Teile müssen **alle Prozesse** in allen Lebenslaufphasen mit ihren In- und Outputs **modelliert** werden.
- Die Ökobilanz eines einfachen Haushaltsstaubsaugers umfaßt z.B. über 300 Prozesse.
- In der Praxis erweist sich das **Erheben der für die Sachbilanz (LCI) benötigten Daten** als **sehr schwierig**. Oft sind die benötigten Informationen gar nicht oder nur in Verbindung mit enormen Recherchen verfügbar.
- Die Auswertung / Interpretation der Ergebnisse erfordert Hintergrundwissen: **komplexe Zusammenhänge müssen richtig analysiert und beurteilt werden**.
- Üblicherweise werden Ökobilanzen von externen Institutionen oder der Umweltabteilung eines Unternehmens durchgeführt, weil diese das entsprechende Know-how aufweisen und die Ressourcen dafür bereitstellen können.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

21

Ziel und Rahmenbedingungen (Phase 1)



Quelle: Hellweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

22

Ziel und Rahmenbedingungen (Phase 1)

- Zu Beginn einer Ökobilanz müssen u.a. das *Ziel der Studie*, die angesprochene *Ziel- bzw. Nutzergruppe der Ökobilanz*, die *funktionelle Einheit*, die *Systemgrenze des Produktsystems* und *wesentlichen Annahmen* getroffen und dokumentiert werden.
- Die Definition des Ziels und der Rahmenbedingungen ist eine vor allem qualitativ ausgerichtete Phase,
- Die 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*.
- Folgende Fragestellungen sollen in dieser Phase der Ökobilanz beantwortet und erläutert werden:

23

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Zieldefinition

- **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.
- **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.
 - Bei *internen Studien* sind die *Freiheitsgrade relativ groß*, während bei *externen Studien* ein *unabhängiges kritisches Review durch unabhängige Experten (Critical Review / Peer Review)* durchgeführt werden muss (siehe ISO 14040 und 14044).
- **Zur Dokumentation oder zur Entscheidungsunterstützung?**
 - Ökobilanzen können z.B. dazu genutzt werden,
 - die Umweltwirkungen eines Produktes zu beschreiben (z.B. für Umweltberichte) oder
 - um Entscheidungen während der Produktentwicklung zu treffen.

24

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Festlegung der Rahmenbedingungen (Bilanzrahmen) Funktionelle Einheit

- Was sind die **Funktionen des Systems** und auf welche Art und Weise können diese Funktionen bereitgestellt werden? Wie wird die **funktionelle Einheit (functional unit)** definiert?
 - Die funktionelle Einheit ist laut ISO der Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit in einer Ökobilanz-Studie (ISO 14040):
=> Sie ist ein *Maß für den Nutzen, den das Produktsystem dem Kunden in einem bestimmten Zeitraum stiftet.*
 - Die Festlegung der sogenannten *funktionellen Einheit* dient somit als **Bezugsgröße für alle nachfolgenden Schritte.**
 - 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!

25

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Festlegung der Rahmenbedingungen (Bilanzrahmen) Funktionelle Einheit

- Die Menge Produkte, auf die die Emissionen und Ressourcenverbräuche bezogen werden, kann grundsätzlich frei gewählt werden, da lineare Beziehungen angenommen werden.
- Es erleichtert jedoch das Verständnis, wenn eine Größe gewählt wird, die den Erfahrungen des täglichen Lebens nahe kommt (z.B. jährlicher durchschnittlicher Bedarf pro Kopf).
- *Bei Konsumgütern wie beispielsweise Haushaltgeräten oder Babywindeln müssen z.B. auch festgelegt werden:*
 - *Benutzerverhalten*
 - *Entsorgungswege*

26

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Festlegung der Rahmenbedingungen (Bilanzrahmen) Systemgrenzen des Produktsystem

- **Wo werden die Systemgrenzen des Produktsystems gezogen?**
 - Im Allgemeinen wird in einer Ökobilanz der gesamte Lebensweg eines Produktes (Rohstoffgewinnung, Produktion, Transportprozesse, Nutzung, Recycling/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 vornherein als nicht relevant eingestuft werden.
 - Anfangs empfiehlt es sich, das *Produktsystem als ein vereinfachtes Flussdiagramm* (Systemfließbild; 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).

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

27

Definition der funktionellen Einheit und des Produktsystems

Beispiel Kaffeemaschine:

- Für eine Kaffeemaschine kann die **funktionelle Einheit** beispielsweise das Brühen und Warmhalten von 1 ltr Kaffee zweimal täglich über die Produktlebensdauer von sechs Jahren beinhalten
- Dies zeigt, was unter dem Begriff des **Produktsystems Kaffeemaschine** zu verstehen ist:
 - Um diesen Nutzen zu stiften, müssen u.a.
 - Kaffeepulver,
 - Wasser
 - Kaffeefilter
 - Entkalker
 -
 - in die Bilanzierung einbezogen werden,
 - obwohl sie nicht Teil des Produktes „Kaffeemaschine“ sind.



Quelle: www.braun.de

28

Festlegung der Rahmenbedingungen (Bilanzrahmen) Geltungsbereich, Allokation, Vereinfachungen

- **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.
 - Desweiteren 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.
- **Welche Allokationsverfahren werden angewendet?**
 - Falls *Mehrproduktsysteme* Teil des zu untersuchenden Systems sind, sollte die Art des Allokationsverfahrens genannt und begründet werden.
- **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).

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Festlegung der Rahmenbedingungen (Bilanzrahmen) Wirkungskategorien

- **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.

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Geographischer Geltungsbereich

Problematik Strommix

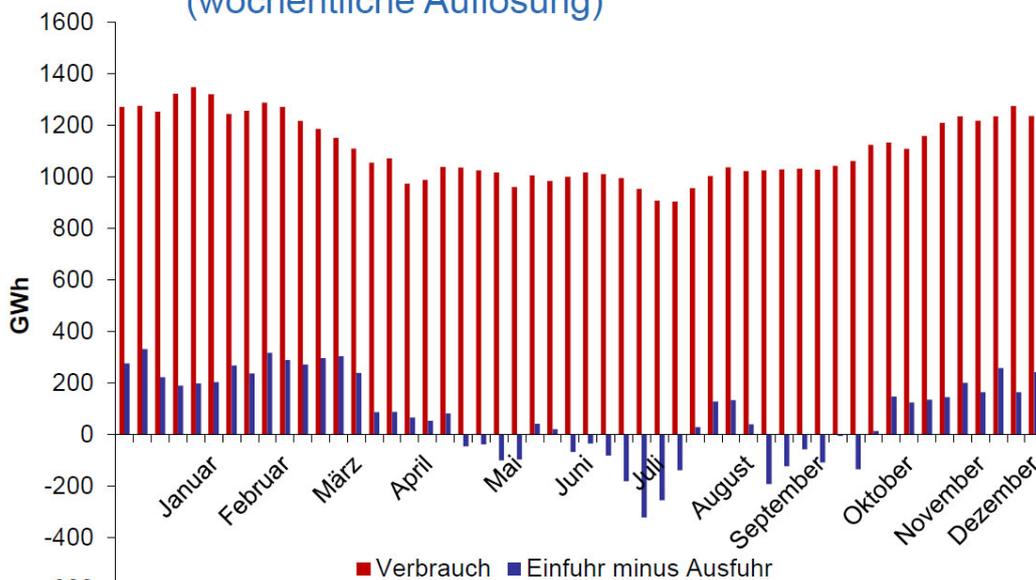
Strommix: Ausgangslage

- Elektrischer Strom in Ökobilanzen ist oftmals sehr relevant
- Physikalische Herkunft meist unklar (Änderung durch Marktliberalisierung und Ökostrom-Produkte)
- *Raum für Manipulation (!)*

⇒ Welchen Strommix nehmen?

Strommix Schweiz

Verbrauch und Stromhandel Schweiz 2011
(wöchentliche Auflösung)

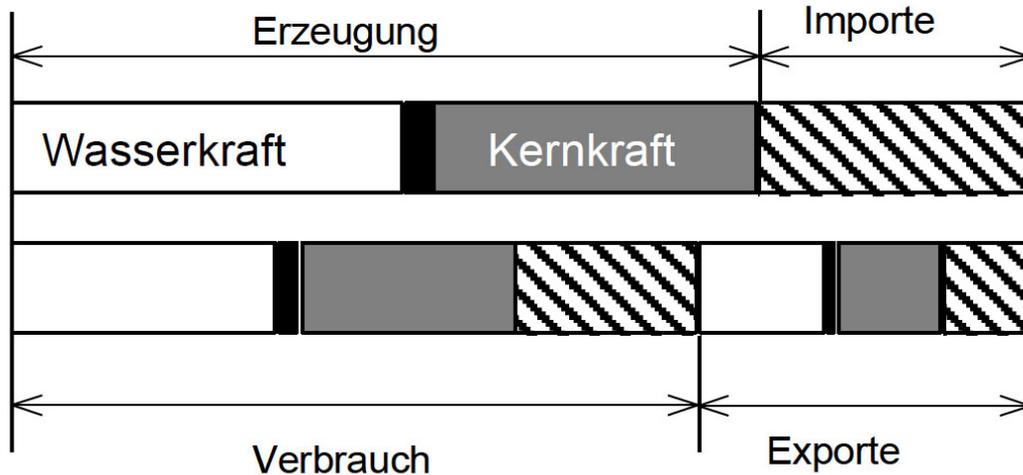


Quelle: Swissgrid https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/energy_data_ch.html

Strommix Schweiz

Modell für durchschnittlichen Ländermix:

Inlandproduktion plus Import = Verbrauchermix



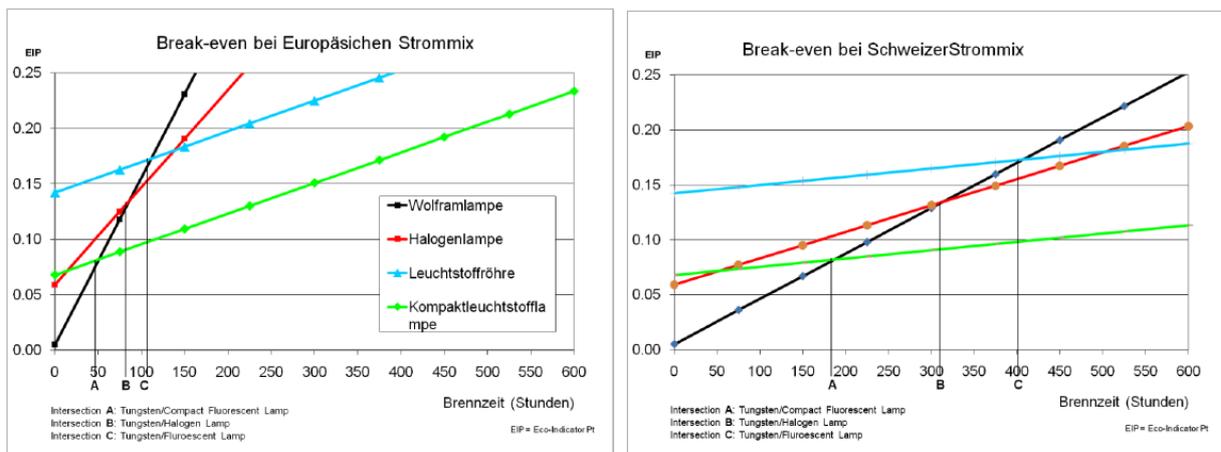
Quelle: R. Frischknecht, Vorlesung Umweltverträgliche Technologien

33

Quelle: Hellweg, Vorlesung Ökologische Systemanalyse, ETH Zürich 2015

Strommix Schweiz versus Strommix EU

Beispiel: Ökobilanz von Glühbirnen mit Verwendung unterschiedlicher Strommixe



Quelle: Tobias Welz, Roland Hirschler, Lorenz M. Hilty (2011) Environmental impacts of lighting technologies — Life cycle assessment and sensitivity analysis; in: Environmental Impact Assessment Review, 31 (2011) 334–343

34

Quelle: Hellweg, Vorlesung Ökologische Systemanalyse, ETH Zürich 2015

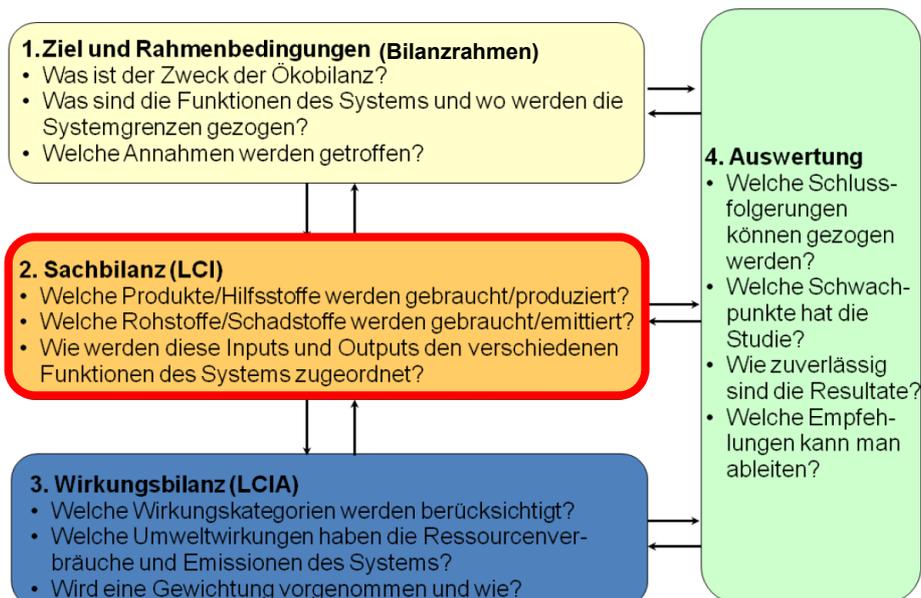
Schlußfolgerung Phase 1

- In der Phase 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 des Produktsystems* wichtig, da ein Vernachlässigen von relevanten Prozessen die Resultate verfälschen kann.

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

35

Sachbilanz (LCI) (Phase 2)



Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

36

Sachbilanz (LCI) (Phase 2)

- Die *Sachbilanz (Life Cycle Inventory, LCI)* ist laut ISO der „Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Inputs und Outputs eines gegebenen Produktes im Verlauf seines Lebensweges umfasst“.
- Dies beinhaltet
 - *Inputs und Outputs* aus der „**Technosphäre**“ (Produkte, Hilfsstoffe, Materialien, Elektrizität, Wärme) sowie
 - *Inputs und Outputs* aus der „**Biosphäre**“ (Ressourcen und Emissionen).
- Die Sachbilanz ist die *aufwendigste Phase der Ökobilanz*, da eine Vielzahl von Daten gesammelt werden muß. Der Aufwand kann jedoch durch *Sachbilanz-Datenbanken* in vielen Fällen erheblich reduziert werden.
- Die *Datensammlung* beginnt *auf der Ebene von Einheitsprozessen*, d.h. bezüglich der einzelnen Prozesse, die in der Systemgrenze (im Produktsystem) enthalten sind.
- Im Fall von *Mehrproduktsystemen* werden die *Inputs und Outputs gemäß Allokationsregeln auf die Koppelprodukte* aufgeteilt.
- Sind alle Daten auf Ebene der Einheitsprozesse gesammelt, werden die *über den Lebensweg kumulierten Ressourcenverbräuche und Emissionen berechnet*.

37

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Präzisierung des Produktsystems

- Zunächst wird das in Phase 1 erstellte Flußdiagramm des Produktsystems präzisiert
- Das Produktsystem besteht dabei aus einer *Vielzahl von Einheitsprozessen*,
 - die es zur Herstellung des interessierenden Produktes braucht
 - die miteinander in Beziehung stehen.
- Für jeden dieser Einheitsprozesse werden die Energie- und Stoffflüsse erfasst. Diese umfassen:
 - a) die *Beziehungen eines Prozesses mit andern Prozessen* und
 - b) die *Beziehungen eines Prozesses mit seiner natürlichen Umwelt*

38

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

a) Beziehungen eines Prozesses mit anderen Prozessen

In einer arbeitsteiligen Wirtschaft ist jede wirtschaftliche Aktivität zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes auf Vorleistungen anderer Akteure angewiesen (**Technosphäre**).

Beispiel Brennstoffzelle:

- Die Herstellung einer Brennstoffzelle benötigt u.a. keramische **Werkstoffe**, die von einem darauf spezialisierten Hersteller geliefert werden.
- Die Nutzung der Brennstoffzelle ist auf die Lieferung eines geeigneten **Energieträgers** (z.B. Wasserstoff oder Erdgas) angewiesen.
- *etc.....*

39

b) Beziehungen eines Prozesses mit seiner natürlichen Umwelt

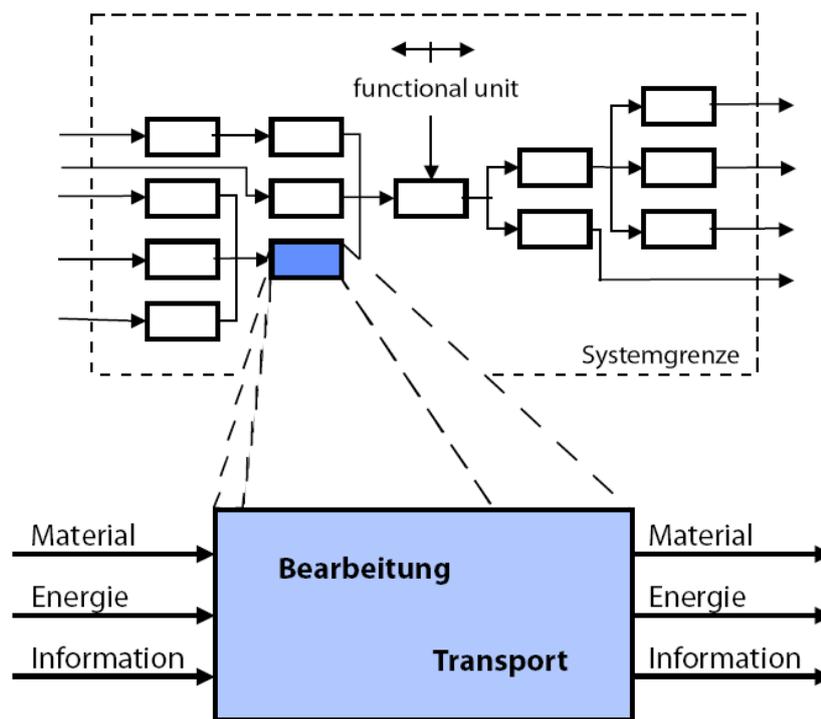
Die einzelnen Prozesse tauschen mit der sie umgebenden natürlichen Umwelt (**Biosphäre**) Energie- und Stoffflüsse aus.

Beispiel Brennstoffzelle:

- Die keramischen Werkstoffe der Brennstoffzelle werden aus **mineralischen Rohstoffen** hergestellt, **die von geeigneten natürlichen Rohstofflagern gewonnen werden** müssen.
- Ebenso wird das **Erdgas aus natürlichen Lagerstätten** gefördert.
- Im Betrieb der Brennstoffzelle sind **Schadstoffemissionen (z.B. CO₂)** zu berücksichtigen, **die an die Umwelt abgegeben** werden.
- *etc.....*

40

Produktsystem als Verknüpfung von Einheitsprozessen

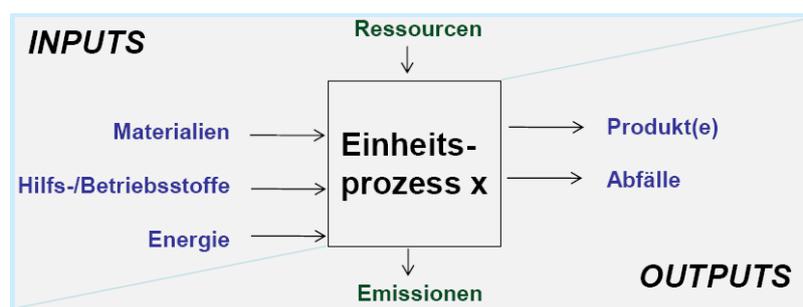


41

Quelle: Bullinger et al. (Hrsg.), Handbuch Unternehmensorganisation, Springer 2009

Datensammlung auf Ebene von Einheitsprozessen

- Zunächst werden für alle Einheitsprozesse (unit processes) des Produktsystems Daten zu allen Inputs und Outputs (der Energie- und Stoffflüsse) erfasst.
- Diese umfassen zum einen die **technischen Inputs** (welches die Outputs von anderen Einheitsprozessen sind) und **technischen Outputs** (welche Input in andere Einheitsprozesse sein können), also die Verbindungen der einzelnen Einheitsprozesse untereinander (**Technosphäre**)
- Zum anderen werden die **Interaktionen eines jeden Einheitsprozesses mit der Umwelt in Form von Ressourcenverbräuchen und Emissionen** (in die Kompartimente Luft, Wasser, Boden) (**Biosphäre**) erhoben.



In- und Outputs eines Einheitsprozesses

42

Quelle: Hellweg u. a., Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Auswahl an benötigten Daten für eine Ökobilanz

- *Verwendete Materialien, Betriebs- und Hilfsstoffe*
[Produktentwicklung; Finanzabteilung; Produktion; Entwicklung]
- *Prozesse; Energieverbrauch*
[Produktion; Entwicklung]
- *Transport (-distanzen)*
[Marketing, Logistik]
- *Informationen über die Produktverwendung*
[Marketing; Entwicklung]
- *Abfälle und Entsorgungssysteme*
[Umweltbeauftragte]
- *Emissionen*
[Umweltbeauftragte, Behörden]

[In den eckigen Klammern sind *mögliche Datenquellen* innerhalb von Firmen angegeben]

43

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Häufigste Datenquellen **innerhalb** von Firmen

- *Stücklisten* [für verwendete Materialien, Betriebs- und Hilfsstoffe]
- *Rechnungen* [für Materialien, Stromverbrauch, etc.]
- *Betriebsvorschriften* [für Materialien etc.]
- *Messdaten* [Emissionen, Energieinput]
- *Befragungen von Experten* [Schätzungen]

44

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Datenquellen **außerhalb** des Unternehmens

Wenn innerhalb des Unternehmens keine oder nur ungenügende Daten vorhanden sind,

- können manchmal **Behörden** Auskunft geben.
- können **Daten ähnlicher Prozesse** in der **Literatur** nachgeschlagen **oder Sachbilanz-Datenbanken** entnommen werden.
- können **vorgelagerte Prozesse** von den **Zulieferern** erfragt werden.

Sachbilanz-Datenbanken für Ökobilanzen

*Datenbeschaffung und Datenmanagement sind zentraler Bestandteil **jeder** Ökobilanz.*

- Viele Produktsysteme beinhalten allerdings mehrere hundert bis tausend Prozesse mit wiederum vielen Hundert Emissionen und Ressourcenverbräuchen, die über Material- und Energieströme miteinander verbunden sind, und die typischerweise den gesamten Lebensweg eines Produkts, von der Rohstoffextraktion über die Herstellung, Nutzung bis zu Recycling / Entsorgung, darstellen.
- Das Erstellen einer Ökobilanz wäre daher extrem zeitaufwendig, wenn die Daten der gesamten Sachbilanz „von Grund auf“ erhoben werden müssten.
- Als Unterstützung bei der Sachbilanzerhebung wurden **Sachbilanz-Datenbanken entwickelt, welche Ökobilanz-Daten zu Basisprozessen** (z.B. Energieerzeugung, Transportprozesse, Chemikalienproduktion, Materialienproduktion, Entsorgungsprozesse etc.) **enthalten.**
- Der Aufwand für die Erstellung einer Ökobilanz ist so in den letzten Jahren auch durch die Verfügbarkeit umfangreicher Datenbanken stark gesunken.

Übersicht über verfügbare **Datenbanken** (Auswahl)

- **ELCD**: Datenbank der *EPLCA European Platform on LCA* des *JRC (Joint Research Center) Institute for Environment and Sustainability der Europäischen Kommission*, enthält Prozesse zu Energie, Materialherstellung, Entsorgung und Transport
<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>
- **ecoinvent**: Schweizer Datenbank mit mehr als 10.000 Prozessen (Version 3) zu unterschiedlichsten Themengebieten wie z.B. Transport, Energie, Materialherstellung, Landwirtschaft, u.v.m.; zählt zu den größten LCA-Datenbanken der Welt; *bedeutendste Datenbank für maschinenbauliche Anwendungen*
www.ecoinvent.org
- **GaBi Datenbanken**: Datenbank von thinkstep AG besteht aus 5000 Primärdatensätzen, die jährlich aktualisiert werden, und zählt ebenfalls zu den größten LCA Datenbanken weltweit. Neben dem *Schwerpunkt Kunststoffe und Kunststoffverarbeitungsprozesse*, reichen die Themenschwerpunkte mittlerweile von der Landwirtschaft über Textilien und Dienstleistungen bis zum Elektronik- und Einzelhandel.
www.thinkstep.com/de
- **LCA Food**: Dänische Datenbank über in Dänemark produzierte und konsumierte Nahrungsmittel.
- **LC-Inventories**: Über 1000 Prozesse, die aus Korrekturen, Aktualisierungen und Erweiterungen der ecoinvent V2.2 Datenbank bestehen, wurden von ESU-Services und anderen Autoren gemeinsam erstellt.
- **NEEDS**: In europäischem Forschungsprojekt aufgebaute Datenbank über zukünftige Energieversorgungssysteme, zukünftige Materialversorgung und zukünftige Transportdienstleistungen.
- **NREL**: Kostenlose US-amerikanische Datenbank mit etwa 300 Datensätzen zu verschiedenen Themen.
- **ProBas**: Datenbank des (deutschen) Umweltbundesamtes, enthält Daten über Energie, Materialienproduktion, Transport und Entsorgung, verschiedene Datenquellen und -qualität.
- **Ökobau.dat**: Baustoffdatenbank mit etwa 950 EPD-Datensätzen zu Baumaterialien sowie Bau- und Transportprozessen.
- **OEKOpro**: Interaktive Datenbank zur branchenspezifischen Verwendung von Chemikalien und deren Toxizität, enthält Datenblätter zu etwa 7000 Chemicalien; kostenlos nutzbar.

47

Quellen: www.arenadelta.com, <http://eplca.jrc.ec.europa.eu>

Umgang mit **Datenlücken** und **mangelhaften Daten**

- *Bei **Datenlücken** oder **mangelhaften Daten** sollte eine konservative Abschätzung (worst case) vorgenommen werden.*
 - *Falls der **Prozess** mit den abgeschätzten Daten später **unerheblich** für das Gesamtergebnis der Ökobilanz ist, **kann** dieser **Prozess vernachlässigt** werden **sofern nicht einmal das worst case Szenario einen Einfluss** hat.*
 - *Falls der **Einfluss signifikant** ist, **muss** die **Analyse** mit zusätzlichem Datenerhebungsaufwand **verfeinert** werden.*

48

Quelle: Hellweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Allokation bei Mehrproduktsystemen

- Im Fall von **Mehrproduktsystemen** müssen die **Inputs und Outputs den Koppelprodukten** zugeordnet werden.
- Dieses Vorgehen nennt man in der Fachsprache **Allokation**.

Ein Beispiel ist der Vergleich zwischen der Entsorgung von Abfall in einer **Müllverbrennungsanlage (MVA) mit Energierückgewinnung** und einer **MVA ohne Energierückgewinnung**.

- Die **funktionelle Einheit** wäre in diesem Fall die **Entsorgung einer bestimmten Menge Abfall mit einer definierten Zusammensetzung**, wobei von der **MVA mit Energierückgewinnung** weitere Leistungen, nämlich die Erzeugung von **Strom und Wärme**, bereitgestellt würden.
- ⇒ *Da sich der Leistungsumfang der beiden Systeme unterscheidet, muß eine **Allokation (Zuordnung der Emissionen und Ressourcenverbräuche zu den verschiedenen Leistungen)** vorgenommen werden, um einen fairen Vergleich zu gewährleisten.*

49

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Beispiel: Geothermisches Kraftwerk in Island



⇒ **Wie Energie- und Stoffflüsse zwischen Energiebereitstellung und Therapie aufteilen (Allokation)?**

50

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Allokationsverfahren

Es gibt mehrere Allokationsverfahren, die z.T. zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

Die ISO 14044 empfiehlt diesbezüglich ein hierarchisches Vorgehen:

1. Aufteilung der betroffenen Einheitsprozesse in Subprozesse, um Allokation zu vermeiden.
2. Systemerweiterung durchführen, um Allokation zu vermeiden:
 - a) Nach Warenkorbverfahren (Erweiterung der Funktionalen Einheit)
 - b) Nach Gutschriftenverfahren (Abzug der Flüsse des ersetzten Produkts)
3. Allokation nach physikalisch-chemischen Zusammenhängen
4. Allokation aufgrund anderer Beziehungen, z.B. ökonomischer Wert der Produkte oder Masse der Produkte

51

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

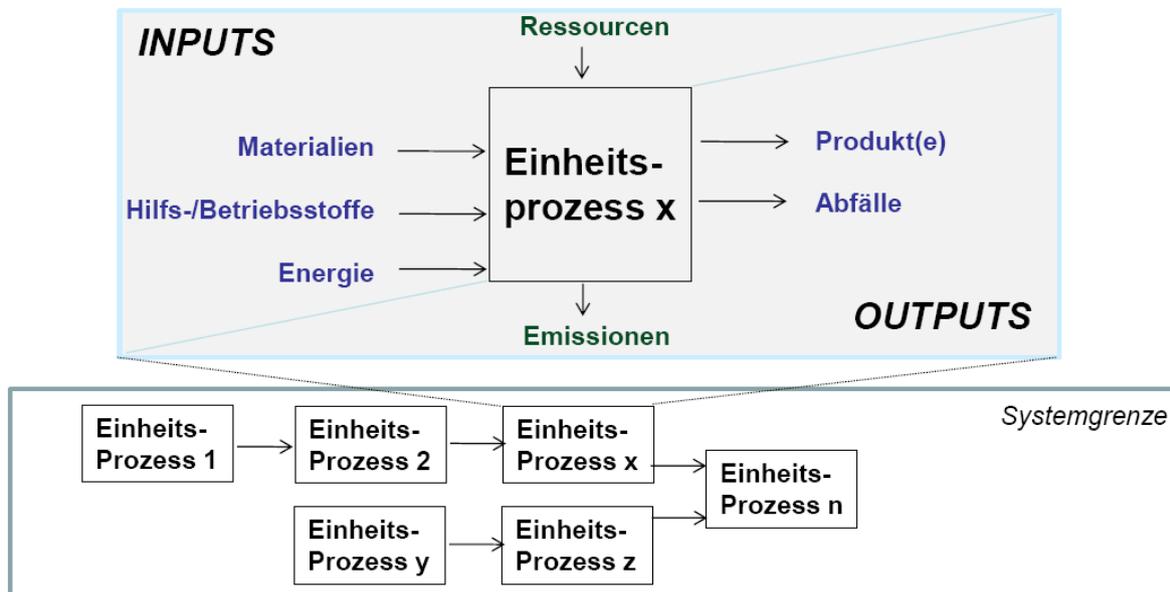
Berechnung der kumulierten Sachbilanzdaten

- Das Ziel der Sachbilanz ist die Berechnung der kumulierten Emissionen und Ressourcenverbräuche über den Lebensweg des zu untersuchenden Produktsystems.
- Das bedeutet, dass die *Emissionen und Ressourcenverbräuche aller Einheitsprozesse aggregiert* werden müssen.
- Da Prozessbäume (Flußdiagramme) oft mehrere hundert Einheitsprozesse beinhalten, wird dies in der Praxis mit entsprechenden *Softwareprogrammen (LCA-Softwaresystemen)* vorgenommen.

52

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Berechnung der kumulierten Sachbilanzdaten



Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

53

Sachbilanzergebnisse

Anmerkungen

- Die bis zu 500 und mehr Einträge umfassende Resultattabelle der Sachbilanz eines Metalls wie beispielsweise Mangan kann beeindruckend sein.
- *Oftmals täuscht jedoch die Zahlenfülle eine umfassende und detaillierte Analyse eines Produktes nur vor.*
 - ⇒ So kann es sein, dass man über die Herstellung des Produktes nicht mehr weiß als dessen Bedarf an thermischer und elektrischer Energie.
 - ⇒ Durch diese Anbindung werden jedoch die mannigfachen Emissionen der Energiebereitstellung in das Produktsystem aufgenommen.
- Zur Beurteilung der Datenqualität und der Eignung eines Datensatzes ist es daher sehr *wichtig, sich über die Herkunft und weitere qualitätsbestimmende Informationen zu den Eingabedaten des betreffenden Produktes zu informieren.*
- Da private Berater und Firmen, aber auch Hochschulinstitute mit der Herausgabe detaillierter Informationen über die bilanzierten Produkte zurückhaltend sind, ist dies leider nicht immer möglich.
- In solchen Fällen muss auf der Basis der erhältlichen Systembeschreibungen und den Ergebnissen gleichartiger Studien *auf die Plausibilität und Qualität der Ergebnisse geschlossen* werden.

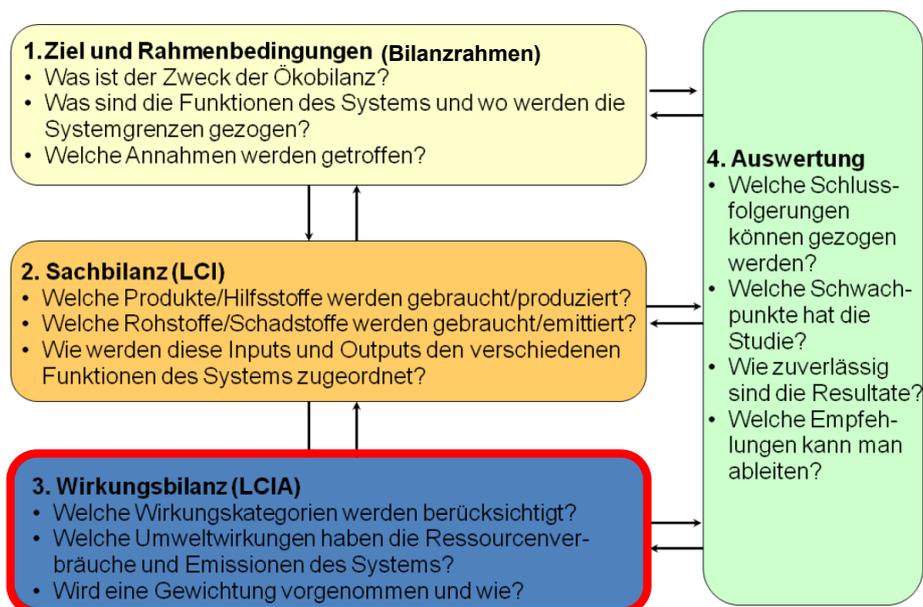
54

Schlußfolgerung Phase 2

- Die Sachbilanz ist die **arbeitsaufwendigste Phase** der Ökobilanz, in der alle Daten zu den Inputs und Outputs des Systems gesammelt werden.
- In einem ersten Schritt werden nur die direkten **Inputs und Outputs aller Einheitsprozesse** gesammelt. Oft können dabei einige Daten direkt erhoben werden, während andere Daten der Zulieferkette bzw. „downstream“ auf der Entsorgungsseite Datenbanken entnommen werden können.
- Sind die **Daten zu allen Einheitsprozessen erhoben** (und somit auch die **Verbindungen zwischen diesen Einheitsprozessen quantifiziert**), kann die **kumulierte Sachbilanz** berechnet werden.
- Diese enthält die **über den Lebensweg** (oder Teil-Lebensweg, je nach Definition des Systems) **aggregierten Emissionen / Ressourcenverbräuche**.
- Diese Daten könnten **direkt ausgewertet** werden, was jedoch angesichts der oft hohen Zahl der Inventarflüsse **schwierig** ist.
- Das übliche Vorgehen ist, diese **kumulierten Daten in der Wirkungsbilanz auf wenige Wirkungsindikatoren zu verdichten** und somit eine **Interpretation zu erleichtern**.

55

Wirkungsbilanz (LCIA) (Phase 3)



Quelle: Hellweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

56

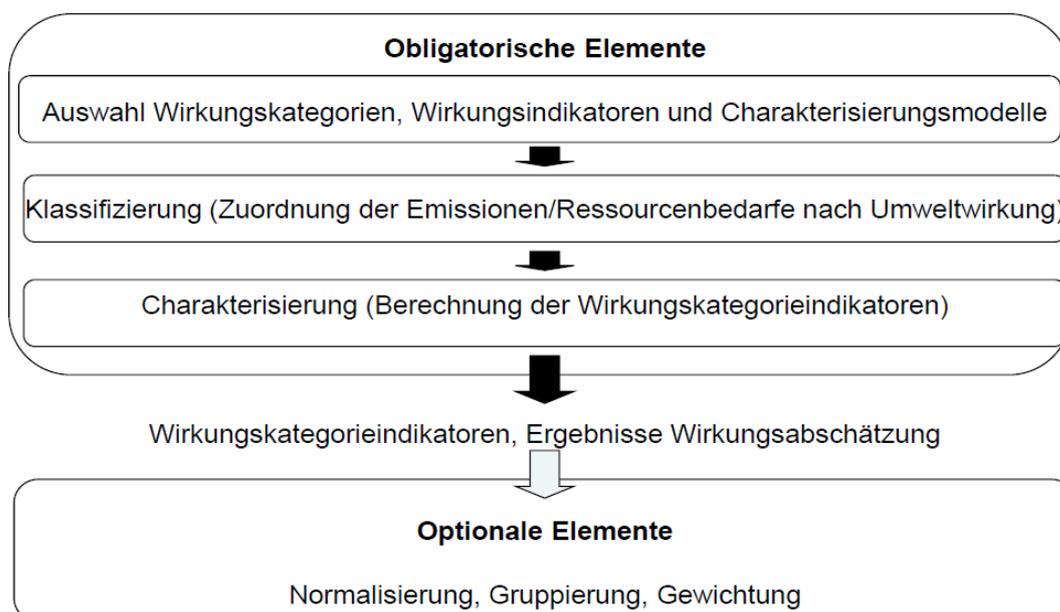
Wirkungsbilanz (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) (Phase 3)

In der Wirkungsbilanz (manchmal auch Wirkungsabschätzung bezeichnet)

- werden die kumulierten **Ressourcenverbräuche** und **Emissionen** aus der Sachbilanz **bezüglich** ihrer **Umweltwirkungen geordnet** und anschließend **innerhalb der Wirkungskategorien untereinander vergleichbar gemacht**.
- werden die Informationen auf **wenige Indikatoren** verdichtet.
- kann zusätzlich eine **Gewichtung zwischen den Wirkungskategorien** vorgenommen werden, um z.B. ein eindimensionales Ergebnis zu erhalten.
- Es gibt eine **Vielzahl von Methoden zur Wirkungsabschätzung**, die sich im Umfang der bewerteten Inventarflüsse und Umweltwirkungen sowie in ihren Wirkungsmodellen und Gewichtungsansätzen (falls eine Gewichtung vorgenommen wird) unterscheiden.

57

Elemente der Wirkungsabschätzung nach ISO 14040



Quelle: Hellweg u. a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

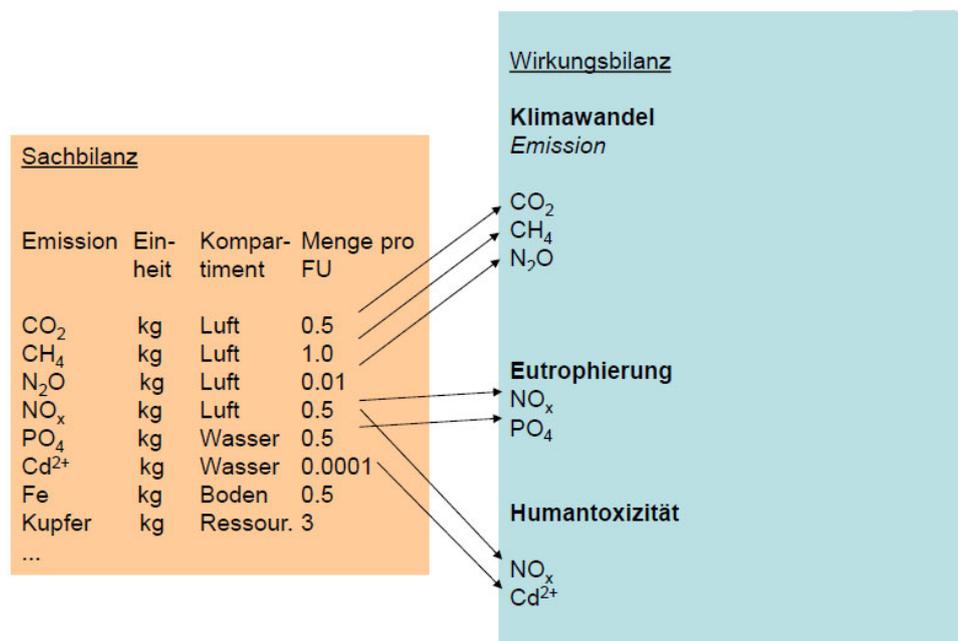
58

Klassifizierung

- Im Rahmen der Klassifizierung werden die *Ressourcenverbräuche und Emissionen* aus der Sachbilanz *gemäß ihrer Umweltwirkungen* sogenannten *Wirkungskategorien* (Beispiel Klimawandel, Ökotoxizität, Versauerung, Überdüngung, ...) *zugeordnet*.
- Dabei kann dieselbe Emission auch mehrere Effekte in unterschiedlichen Wirkungskategorien haben.

Klassifizierung

Vereinfachtes Beispiel für die Zuordnung der Inventarflüsse einer Sachbilanz zu verschiedenen Wirkungskategorien (Klassifizierung)



Charakterisierung

- Im Rahmen der Charakterisierung werden *innerhalb jeder Wirkungskategorie* die einzelnen *Ressourcenverbräuche und Emissionen mit* einem **Äquivalenzfaktor gewichtet**, um sie vergleichbar zu machen.
- Alle Emissionen oder Ressourcenverbräuche einer Wirkungskategorie werden so *in eine gemeinsame Einheit überführt* (Festlegung eines Referenzstoffes).
- Beispielsweise werden für die Wirkungskategorie „Klimawandel“ die sogenannten „Global Warming Potentials“ GWP des IPCC (2007) als Äquivalenzfaktoren verwendet, um alle Treibhausgasemissionen in die Einheit „kg CO₂-Äquivalentemissionen“ zu überführen.

Charakterisierung

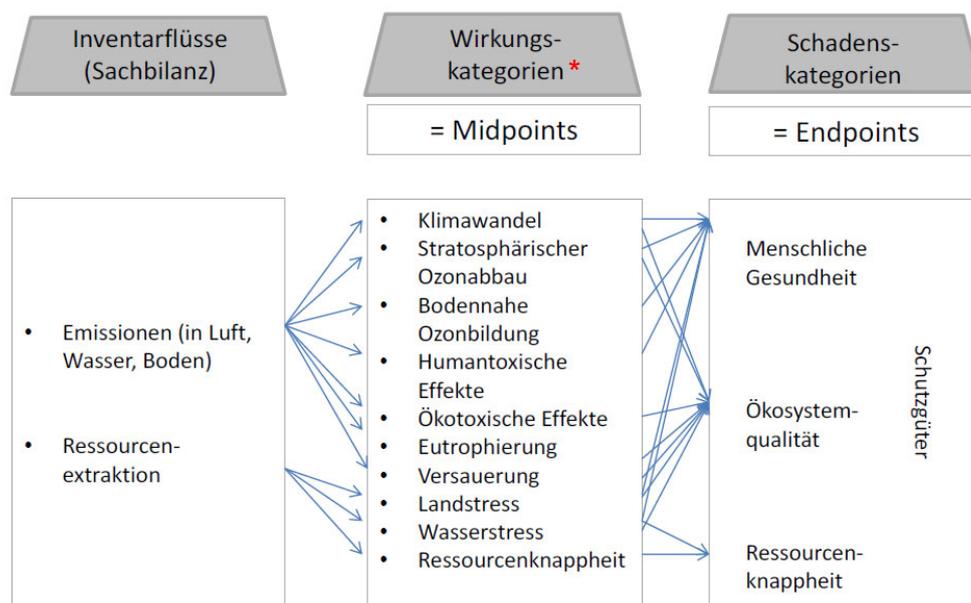
Vereinfachtes Beispiel für die Charakterisierung (Gewichtung mit Äquivalenzfaktor)

Sachbilanz				Wirkungsbilanz		
Emission	Einheit	Kompartiment	Menge pro FU			
CO ₂	kg	Luft	0.5			
CH ₄	kg	Luft	1.0			
N ₂ O	kg	Luft	0.01			
NO _x	kg	Luft	0.5			
PO ₄	kg	Wasser	0.5			
Cd ²⁺	kg	Wasser	0.0001			
Fe	kg	Boden	0.5			
Kupfer	kg	Ressour.	3			
...						
				Klimawandel		
				Emission	Äquivalenzfaktor	Ref. stoff
				CO ₂	1	CO ₂
				CH ₄	23	23.0
				N ₂ O	296	2.96
				Summe		26.46
				Eutrophierung		
				NO _x	0.1	PO ₄
				PO ₄	1	0.5
				Summe		0.55
				Humantoxizität		
				NO _x	1.4	1,4 Dichlorbenzol
				Cd ²⁺	23	0.0723
				Summe		0.0723

Methoden zur Wirkungsabschätzung

- Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Wirkungsabschätzung, die sich bezüglich ihrer **Modellierungsansätze**, dem **Aggregationsniveau** und der **Gewichtungsmethoden** und ihrem **geographischen Gültigkeitsraum** unterscheiden.
- Einige dieser Methoden fokussieren auf einzelnen Wirkungskategorien und werden daher oft mit anderen Methoden kombiniert, um eine vollständige Bewertung bezüglich aller relevanten Wirkungskategorien zu gewährleisten.
- Andere Methoden stellen Charakterisierungsfaktoren für viele Wirkungskategorien zur Verfügung und können daher „alleinstehend“ verwendet werden.

Überblick über die heute übliche Struktur von Wirkungsabschätzungsmethoden (entsprechend dem Vorgehen nach ISO Norm 14040ff).



- Die Inventarflüsse (links) werden zunächst ihren Wirkungen zugeordnet (Klassifizierung) und in einer einheitlichen Referenzeinheit ausgedrückt (Charakterisierung).

* gängige Auswahl von Wirkungskategorien

Ausgewählte Bewertungsmethoden

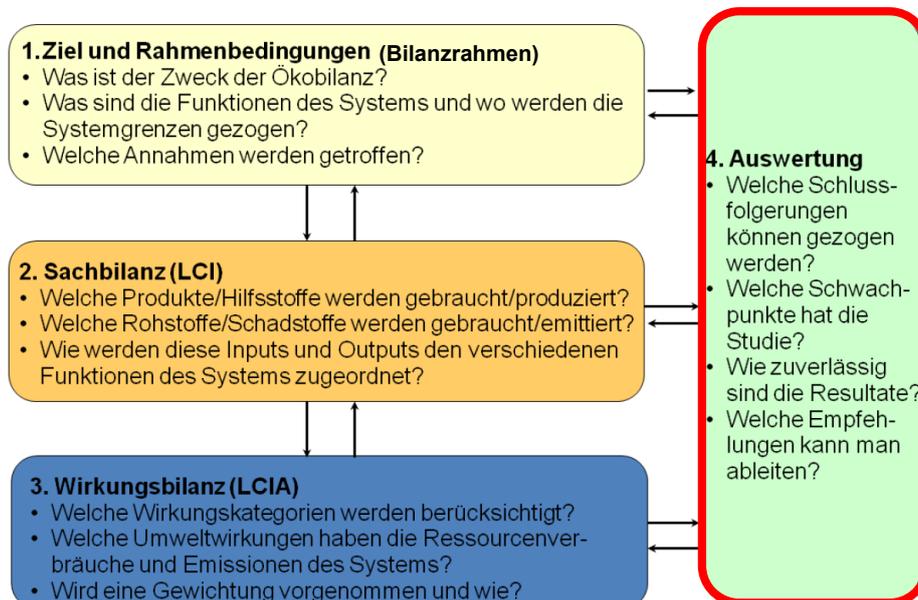
Übersicht über die in ausgewählten Ökobilanz-Bewertungsmethoden explizit berücksichtigten Umweltauswirkungen

Umweltauswirkung	KEA	MIPS	CML 2001	Ökologische Knappheit, 2006	EDIP 2003	Eco-indicator 99	EPS 2000	ReCiPe 2009
Ressourcen								
Energieträger	√ ¹⁾	√ ²⁾	√	√ ¹⁾	√ ⁶⁾	√ ⁶⁾	√	√
Erze und Mineralien	∅	√ ²⁾	√	√ ⁷⁾	√	√	√	√
Wasser	∅	√ ²⁾	∅	√	∅	∅	∅	√
Biotische Ressourcen	∅	√	√	∅	√	∅	√	√
Lebensräume / Land	∅	∅	(√)	√	∅	√	√	√
Emissionen								
Klimaveränderung	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Ozonschichtabbau	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Humantoxische Wirkungen	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Ökotoxische Wirkungen	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Photooxidantenbildung	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Versauerung ³⁾	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Überdüngung ³⁾	∅	∅	√	√	√	√	√	√
Mikroverunreinigungen	∅	∅	∅	√	∅	∅	∅	∅
Geruch	∅	∅	√	∅	∅	∅	∅	∅
Lärm	∅	∅	(√)	∅	√ ⁸⁾	∅ ⁹⁾	∅	∅
Radioaktive Emissionen	∅	∅	√	√	√ ⁸⁾	√	∅	√
Unfallopfer	∅	∅	√	∅	√ ⁸⁾	∅	∅	∅
Abfälle ⁴⁾	∅	∅	∅	√ ⁵⁾	∅	∅	∅	∅

65

Quelle: Frischnecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

Auswertung / Interpretation (Phase 4)



66

Quelle: Hellweg u. a., Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015

Auswertung / Interpretation (Phase 4)

- Nach der Wirkungsabschätzung werden in der letzten Phase der Ökobilanz, der Auswertung / Interpretation, **Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen** durchgeführt und **Aussagen zur Datenqualität** gemacht.
- Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen werden durchgeführt, um die **Stabilität der in der Wirkungsbilanz erhaltenen Ergebnisse** zu **überprüfen** und deren **Unsicherheiten abzuschätzen** oder zu quantifizieren.
- Unsicherheiten ergeben sich aus:
 - den in Zieldefinition, Sachbilanz und Wirkungsabschätzung gemachten Annahmen und Entscheide,
 - den in der Sachbilanz erfassten Daten und
 - den Bewertungsfaktoren der verwendeten Bewertungsmethoden,

67

Quelle: Frischknecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

Kritische Begutachtung (Critical Review) insbesondere bei externen Studien

- In wissenschaftlichen Journals ist das Peer Review ein etabliertes Vorgehen, um die Qualität der Beiträge und damit der Forschung zu gewährleisten.
- In der Ökobilanzforschung und bei der Erstellung von Ökobilanzen wurde diesem Aspekt erst in den letzten Jahren die nötige Beachtung geschenkt.
- Gemäß der im Jahr 2006 veröffentlichten, revidierten ISO-Normen (ISO 14040 und 14044) wird nun für vergleichende Ökobilanzen, die veröffentlicht werden sollen, eine kritische Begutachtung durch ein **Panel von mindestens drei externen Expertinnen oder Experten** verlangt.
- Eine **kritische Begutachtung** kann **Projekt begleitend oder nach Abschluss** der Arbeit vorgenommen werden.
- Im Sinne einer effizienten Nutzung der knappen zeitlichen, finanziellen und personellen Ressourcen ist eine **Projekt begleitende Begutachtung vorzuziehen**.
- Das **Gutachtergremium verfaßt einen Bericht**, der zusammen mit der Ökobilanz-Studie im vollen Wortlaut mitveröffentlicht werden muss.

68

Quelle: Frischknecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013