



Bedürfnisfeld: Ernährung und Klimawandel

Episode 1: Der CO₂ Fußabdruck von Nahrungsmitteln: Methodische Grundlagen

Dr. Stefan Gößling-Reisemann
Universität Bremen



Deutsche Bundesstiftung Umwelt





Übersicht zur gesamten Lerneinheit

Episode 1:

CO₂ Fußabdruck von Nahrungsmitteln: Methodische Grundlagen

Episode 2:

Beispiele und Vertiefung

Episode 3:

Interview



Lernziele Episode 1

Lernziel 1:

Sie verstehen die Methodik der Ökobilanzierung.

Lernziel 2:

Sie verstehen den Zusammenhang zwischen CO₂- und Ökobilanzierung.

Lernziel 3:

Sie können Einschränkungen beider Bilanzierungsmethoden ableiten.



Inhalt

- Einführung in die Ökobilanzen
 - Lebenszyklus
 - Sachbilanz
 - Umweltwirkungen
- CO₂-Bilanzen (PCF)



Methodik: Ökobilanzen

Ökobilanz/Life Cycle Assessment:

- **Systematische Analyse** von Produkten, Stoffen, Prozessen oder Verfahren **unter ökologischen Aspekten.**
- Basiert auf einem Modell der **Stoff- und Energieströme** des bilanzierten Systems.
- Bilanziert werden der Umwelt entnommene **Ressourcen** und **Emissionen** in die Umwelt, nach Möglichkeit vollständig.



Definitionen

- ISO 14040: LCA is the „compilation and evaluation of the (relevant) inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle.“

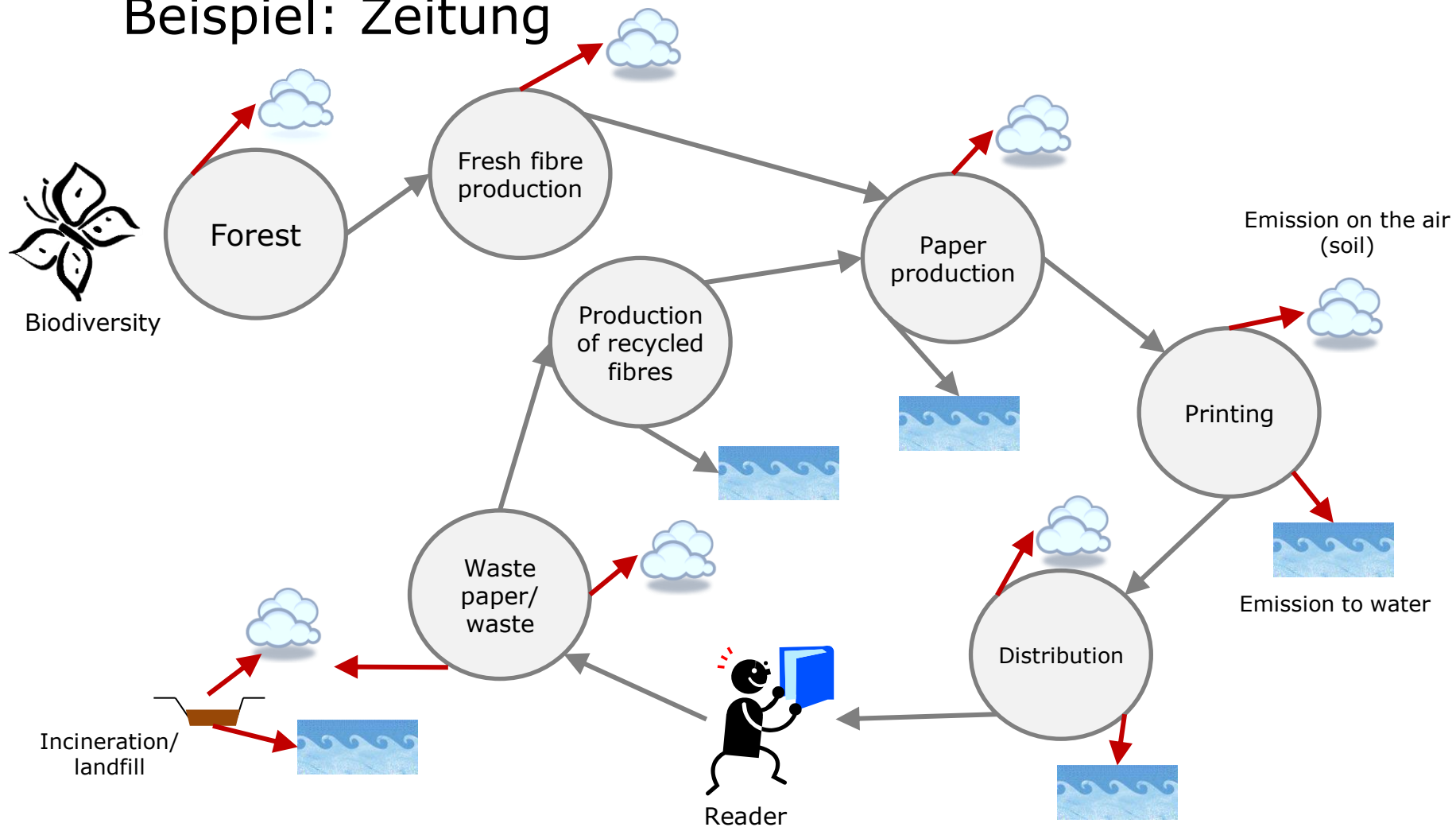
(http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37456)

- Produktsystem = Alle Prozessschritte die nötig sind, ein Produkt herzustellen, es zu benutzen und es zu verwerten/entsorgen.
- Lebensweg = „Von der Wiege bis zur Bahre.“



Produktlebensweg (product life cycle)

Beispiel: Zeitung



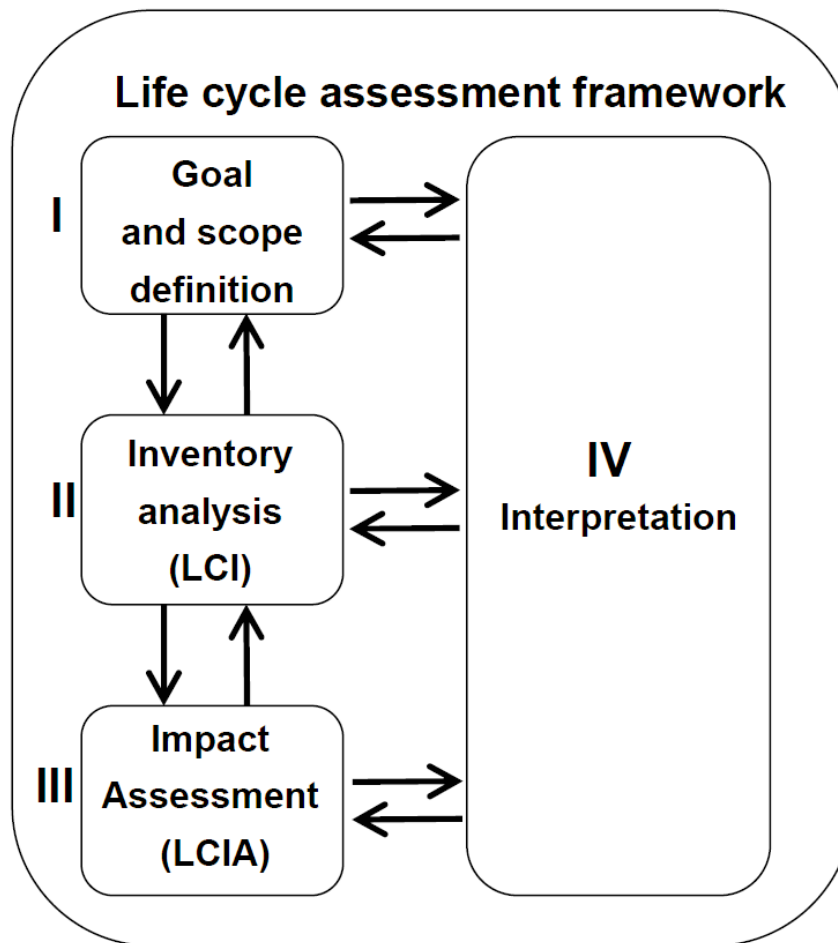


Definitionen

- **Inputs** = Materialien und Energieträger, die der Umwelt entnommen werden
- Elementarflüsse**
- **Outputs** = Produkte, Emissionen und Abfälle (sofern ökologisch relevant)
-
- **Umweltwirkungen** = derzeit bekannte Wirkungen auf Ökosysteme (und Menschen): Treibhauseffekt, Versauerung, Eutrophierung, Ozonzerstörung, Toxizität, Ressourcenverbrauch, ...



Aufbau einer LCA (ISO 14040/44)



I: Zielsetzung und

Untersuchungsrahmen:

Systemgrenzen, funktionelle Einheit

II: Sachbilanz:

Ressourcen, Energie, Emissionen

III: Wirkungsabschätzung:

Umweltwirkungen, Wirkungen auf Menschen

IV: Auswertung:

Interpretation, Prioritäten festlegen, Sensitivitätsanalyse, Optimierungspotentiale, Bilanzvergleich

Quelle: Siehe auch <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/349763/>



Ziel- und Rahmensetzung (G&S)

Zielsetzung: Welche Fragen sollen beantwortet werden?

- Erkenntnisgewinn, Nutzerkreis
- Beispiele:
 1. „Welches ist das ökologisch sinnvollere Produkt?“
 2. „Die ÖB soll die ökologischen Schwachstellen dieser Dienstleistung aufzeigen.“
 3. „Welche Verpackungen sollen höher besteuert werden?“
 4. „Die Kunden sollen über Umweltwirkungen informiert werden.“



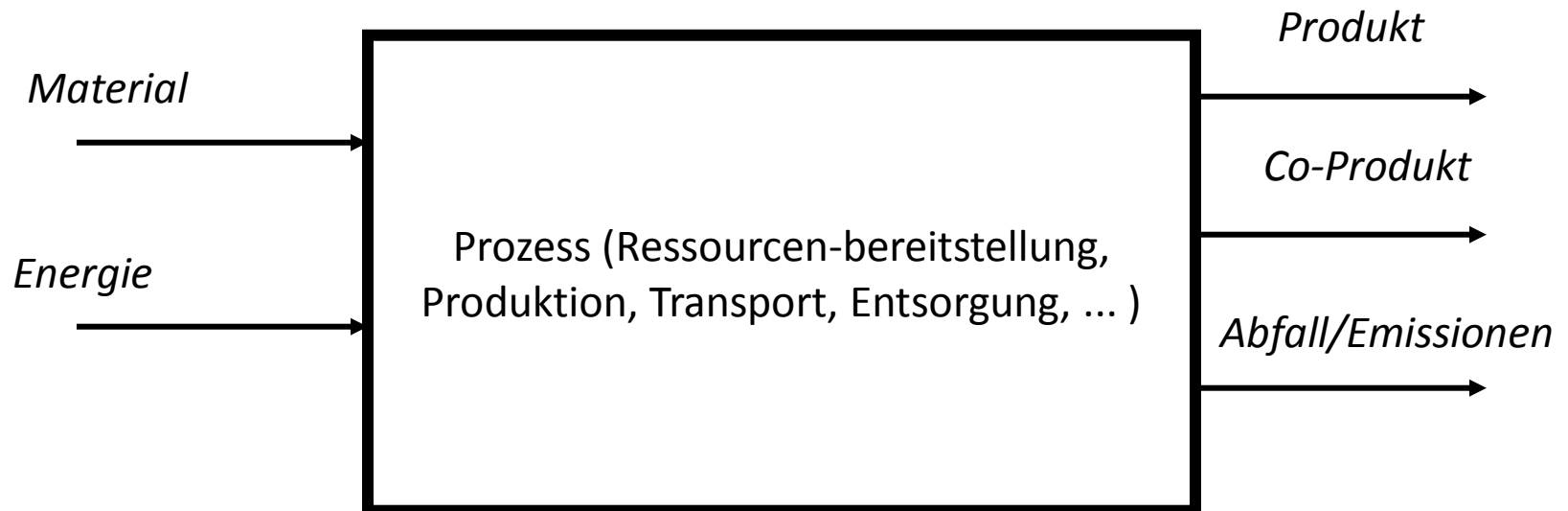
Ziel- und Rahmensetzung (G&S)

- Untersuchungsobjekt: **Funktionelle Einheit**
Entweder ein Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung als Referenzobjekt.
- Beispiele:
 - 1 kg Zement
 - 1 Tonne Gütertransport über 1 km
 - Waschen von 4,5 kg weißer Wäsche
 - Menge an Farbe für 1m² Außenfassade
 - Nahrungsmittel zur Deckung des Durchschnittsbedarfs



Sachbilanz (LCI)

Je nach Auswahl in der Zielfestsetzung:
Stoffdaten für die Einzelprozesse des Lebenszyklus
sammeln.





Sachbilanz (LCI)

Sachbilanzdaten können **direkt ausgewertet** werden, z.B. beim Alternativen-Vergleich.

vorher:



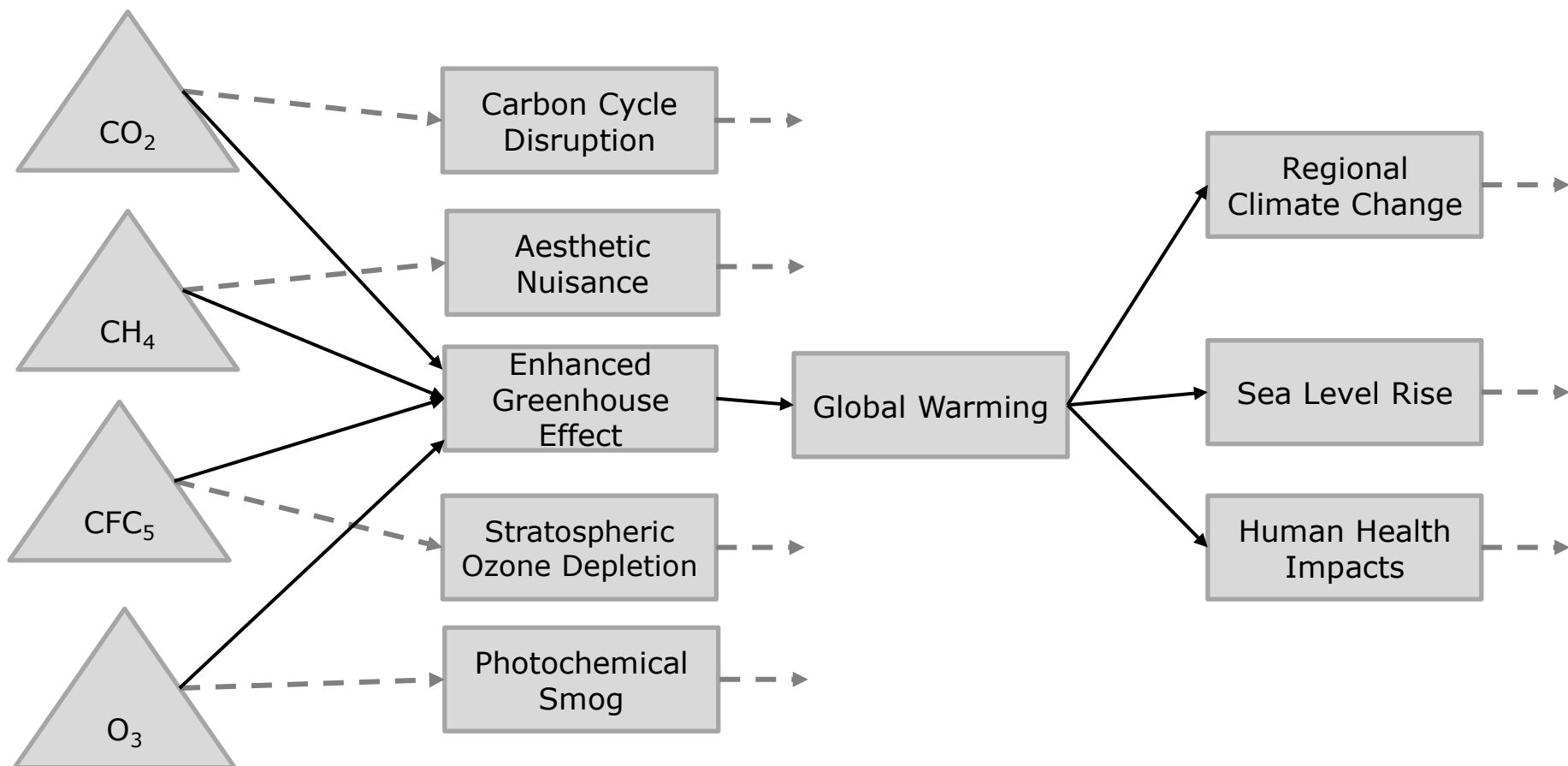
nachher:





Wirkungsbilanz (LCIA)

Unterschiedliche Emissionen werden zusammengefasst.





Definitionen

- In der Regel müssen Umweltwirkungen zu einheitlichen und unabhängigen **Kategorien** zusammengefasst werden.
- Unterschiedliche Emissionen werden dann einer oder mehrerer Kategorien zugeordnet.
- Beispiel: Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW, engl. CFC) zerstören die **Ozonschicht** und tragen zum **Treibhauseffekt** (engl.: greenhouse effect) bei.



Berechnung der Wirkungsfaktoren

- Charakterisierung durch Berechnung von **Wirkungsäquivalenten**.
- $E_i = \sum F_{ji} \cdot y_j$
mit E_i ... Wirkung in Kategorie i
 F_{ji} ... Äquivalenzfaktor
 y_j ... Stoffstrom (z.B. Emission)
- Beispiel:
 $E_{Treibhauseffekt} = \sum GWP_j \cdot Emission_j$



Beispiel: Global Warming Potential

- Beispiel für Äquivalenzfaktoren: **GWP**

$$GWP_j = \frac{\int_0^T a_j \cdot c_j(t) dt}{\int_0^T a_{CO_2} \cdot c_{CO_2}(t) dt}$$

mit a_j = Wirkungsfaktor der Substanz j
 $c_j(t)$ = Konzentration zur Zeit t
 T = Wirkungszeit (z.B. 100 Jahre)



Beispiele für Wirkungsfaktoren

- Treibhauspotential
(GWP):

	GWP_j
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	270
CCl_2F_2	7200
SF_6	22450

- Ozonabbaupotential
(ODP):

	ODP_j
CFCI_3	1
CHF_2Cl	0.05
CCl_2F_2	0.82
CH_3CCl_3	0.12



Methodik: Product Carbon Footprint (a.k.a. CO₂-Bilanz)

Wirkungskategorien Ökobilanz:

Atmosphäre

Klimaerwärmung
Ozonzerstörung
Sommersmog

Boden + Gewässer

Versauerung
Eutrophierung

Öko- und Sozialsysteme

Öko/Human-Toxizität
Ökosystemschäden
Lärm/Geruch

Ressourcen

Ressourcenverbrauch
Bodenverlust
Landschaftsverbrauch



Methodik: Product Carbon Footprint (a.k.a. CO₂-Bilanz)

Wirkungskategorien PCF:

Atmosphäre

Klimaerwärmung

Boden + Gewässer

Öko- und Sozialsysteme

Ressourcen



Einschub: Methodische Wahlfreiheit

- ISO Normen geben einen **methodischen Rahmen** vor.
- Innerhalb dessen sind Entscheidungen zu fällen, die das Ergebnis maßgeblich beeinflussen können.
- Bei Wahlfreiheit soll eine **Sensitivitätsanalyse** die Auswirkungen der Wahl nachvollziehbar machen.
- Vergleichende Ökobilanzen sind einer **kritischen Begutachtung** (*critical review*) zu unterziehen.



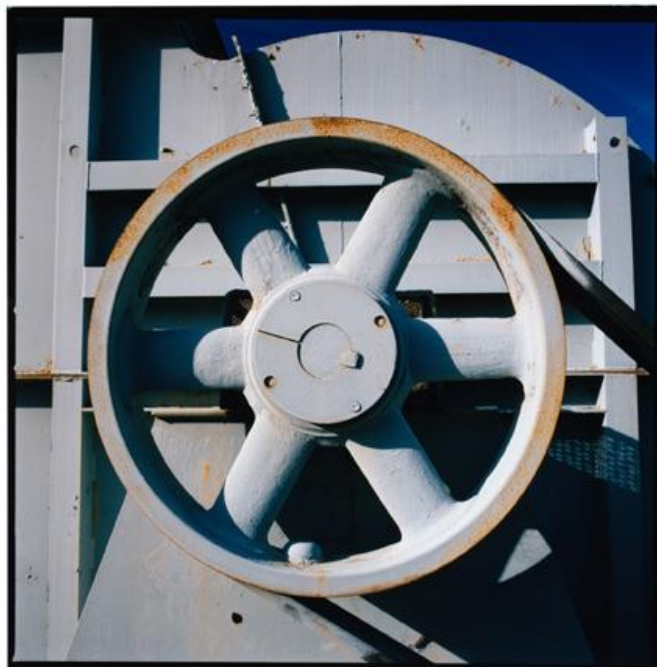
Anpassung des Analysewerkzeugs

Wirkungskategorien

Abschneidekriterien

Allokationsregeln

Datenqualität



Systemgrenzen

Wirkungsmodelle

Recyclingregeln

Datenbanken

Indirekte Effekte
(iLUC, Rebound)



Wofür ist die Ökobilanz geeignet?

Entscheidungsfindung	<ul style="list-style-type: none">• Produktgestaltung und –entwicklung• Prozessgestaltung und –entwicklung• Hilfestellung für Regulierung und Politik (Regierungen und NGOs)
Lernen/ Erkunden/ Verstehen	<ul style="list-style-type: none">• Charakterisierung von Produktionssystemen• Analyse von Verbesserungspotenzialen• Auswahl von Umwelleistungskennzahlen
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none">• LCA-basierte Ökolabels• Umwelt-Produktdeklaration (EPD)• Benchmarking (Marketing)



Wofür ist die Ökobilanz nicht geeignet?

- **Störfallbedingte** Einwirkungen auf die Umwelt (besser: Prozessrisikoanalyse)
- Unterstützung bei der **Standortwahl** (besser: Umweltverträglichkeitsprüfung)
- Beantwortung von Fragen, die **nur einen Stoff** betreffen (besser: Produktrisiko-/ Stoffflussanalyse)
- Beurteilung des **Umweltverhaltens** eines einzelnen Unternehmens (besser: Öko-Audit)



Aufgaben für das Selbststudium

1. Recherchieren Sie die im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase und die jeweiligen Wirkungsfaktoren (GWP). Warum ist diese Liste nicht vollständig? Welche Gase fehlen und wie tragen die fehlenden Gase zum Klimawandel bei?
2. Bei der Butterproduktion entsteht als Co-Produkt etwa 1,2 kg Buttermilch pro kg Butter. Gleichzeitig entstehen entlang der Prozesskette (inkl. aller Vorprozesse) ca. 24 kg CO₂-Äquivalente. Wieviel dieser Emissionen gehen zu Lasten der Butter? Welche Zuordnungsmethode (Allokation) haben Sie dabei verwendet? Welche anderen Verfahren sind denkbar? Welche weiteren Angaben brauchen Sie dafür? Recherchieren Sie dafür nach den Begriffen Allokation im Zusammenhang mit Ökobilanzen (oder „allocation“ und „life-cycle assessment“).
3. Betrachten Sie folgende Aspekte der Bewertung von Technologien und Produkten: technische Risiken (z.B. Unfälle), soziale Verträglichkeit (z.B. Schaffung oder Vernichtung von Arbeitsplätzen) und Umweltwirkungen (z.B. Beitrag zum Klimawandel). Finden Sie Beispiele bei denen Ihrer Meinung nach einer der Aspekte deutlich höhere Relevanz hat als die anderen und begründen Sie Ihre Meinung. Gibt es Beispiele bei denen alle drei Aspekte gleich gewichtig sind? Welche Rückschlüsse ziehen Sie daraus für die Reichweite und Aussagekraft von CO₂-Bilanzen?



Literaturangaben

- Klöpffer, Walter; Grahl, Birgit (2009): Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim: WILEY-VCH.
- Baumann, Henrikke; Tillmann, Anne-Marie (2004): The hitch hikers's guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur.
- Guinée, Jeroen B.; Lindeijer, Erwin (2002): Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Dordrecht [u.a.]: Kluwer.