

# LCA meets EFS

## Lernen über Lebenszyklusanalysen am Beispiel "Monobloc"

Antje Siol und Ingo Eilks  
 Universität Bremen, Fachbereich 2, IDN Institut für Didaktik der Naturwissenschaften,  
 Leobener Straße NW 2, 28359 Bremen  
 asiol@uni-bremen.de

### Motivation

- Lebenszyklusanalysen (LCA) sind systematische Analysen der Umweltwirkungen von Produkten und Prozessen aller Art entlang ihres gesamten Lebensweges.
- Sämtliche Umweltwirkungen, die während der Produktion, Nutzung und Entsorgung anfallen, werden beschrieben und bewertet. Auch die vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. die Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) fließen in die Betrachtung ein.
- In einer LCA können verschiedene Endpunkte definiert werden, am bekanntesten sind wohl die Endpunkte „CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“, der „Wasserfußabdruck“ oder der „Landverbrauch“ [1,2].
- Wie diese Endpunkte ermittelt werden, welche Daten einfließen, wer diese bereitstellt und wie sie verknüpft werden, ist Gegenstand eines Lernangebots, das entlang des Beispiels „Monobloc“ vorgestellt wird [3].

### Zusammenfassung

- Das Ergebnis einer LCA wird in Pt (eco point) angegeben. 1 Pt (Eco Point) steht für 1/1.000stel des Umwelteintrags eines Durchschnittseuropäers pro Jahr.
- 1,24 Pt fallen allein bei der Produktion des Monoblocs an. Dies betrifft vor allem fossil basiertes PP-Granulat (virgin) und den Stromverbrauch für das Spritzgussverfahren.
- **End-of-Life-Szenario Deponierung:** 0,25 Pt kommen hinzu, weil Deponien Flächen verbrauchen und die im Stuhl gebundenen stofflichen und energetischen Ressourcen ungenutzt bleiben.
- **End-of-Life-Szenario Verbrennung:** 0,05 Pt kommen hinzu, weil die Abwärme in die Verstromung oder in Fernwärme fließen kann.
- **End-of-Life-Szenario Recycling:** Insgesamt 0,339 Pt. Die Bilanz entsteht durch die stoffliche und energetische Wiederverwertung des PPs.

### LCA Methode

- Die Vorgehensweise zur Erstellung eines LCA unterliegt der Normierung durch die DIN ISO 14040 ff [4].

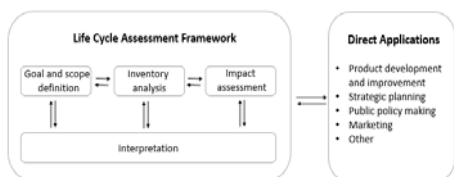


Abb. 1: Zusammenhänge und Ablauf einer LCA nach DIN ISO 14040 ff [4].

- Digitale Anwender-Tools sind unerlässliche Hilfen bei der Erstellung von Ökobilanzen.

1. Beschreibung des Ziels und der Systemgrenzen der LCA
2. Bestimmung der funktionellen Einheit und Bedarfe an Materialien, Energie, Wasser, Fläche für den Prozess selbst als auch für Transporte, Lagerung, Kühlung, Entsorgung
3. Ermittlung der benötigten Geräte und Bedarfe an Materialien, Energie, Wasser, Fläche für den Prozess selbst als auch für Transporte, Lagerung, Kühlung, Entsorgung
4. Erstellung eines Prozessdiagramms
5. Datenermittlung mit Klassifizierung und Charakterisierung der Schadenskategorien nach Normalisierung und Gewichtung
6. Interpretation

- Datenbanken enthalten umfangreiche Daten zu stofflichen als auch energetischen Einträgen sowie dabei freigesetzten Emissionen zu einer Vielzahl von Produkten und Verarbeitungsprozessen.
- Auch Verpackungen, Lagerung, Transport und die Entsorgung werden berücksichtigt.
- Im hier vorgestellten LCA zum Monobloc wurde das Tool SimaPro5 verwendet. Die Prozess- und Emissionsdaten stehen in der kostenlosen DEMO-Version zur Verfügung [5].

### Durchführung und Ergebnisse

- Zu 1+2:
- Die funktionelle Einheit: 1 Monobloc-Stuhl, seine Produktion und Nutzung.
  - Drei End-of-Life Szenarien sollen betrachtet werden: Deponierung, Verbrennung, Recycling.



Abb. 2: Monobloc Stuhl

- Nicht betrachtet werden sämtliche Transporte nach der Herstellung.

- Zu 3:
- 2,5 kg PP-Granulat
  - Spritzgussverfahren
  - Dauer 56 sec. pro Stuhl

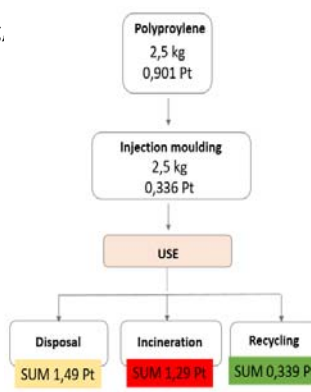


Abb. 3: Prozessdiagramm mit Inventory.

- Zu 4+5:
- Im Prozessdiagramm (nicht abgebildet) wird der Stoffstrom abgebildet.
  - Datenermittlung mit Klassifizierung und Charakterisierung der Schadenskategorien nach Normalisierung und Gewichtung.

Tab. 1: Ökobilanz nach Method Eco-indicator 99 – Schadenskategorien, Messparameter und Endpunktgewichtung.

Schadensparameter	Klassifizierung & Charakterisierung	Normalisierung	Ergebnis	Ökobilanzgewicht
Schadstoffe	wirken auf	Welt als in Schadenskategorie	Wirkung auf	Ergebnis
Ble, Cadmium, Nickel, Cobalt	Human-toxicity potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.692
VOE (flüchtige organische Substanzen)	Human-toxicity potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.555
Ble, Cadmium, Arsen, Antimon	Human-toxicity potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.0405
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.0357
z.B. Co-40 Isotope	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.758
VOE (flüchtige organische Substanzen)	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.698
NO <sub>x</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.115
Stäube, Pulv., Partikel	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	1.49
Schwermetalle, toxische Mikroorganismen	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	1.29
VOE (flüchtige organische Substanzen)	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	0.339
NO <sub>x</sub> , HCl, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Oxidant, Ozon, Feinst., PCB, andere Stoffe, Mikro-Organismen	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	
Land	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	
Minerale Rohstoffe, Eisen	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	
Wasserstoff, Petroleum	Global warming potential	Normalisierung	Einfluss auf die menschliche Gesundheit	

- Zu 6:
- Die Ermittlung des Schadeinflusses durch den Monobloc auf die Endpunkte menschliche Gesundheit, Umweltschadung und Ressourcenverbrauch.

Tab. 2: Ergebnisse der Ökobilanz für den Monobloc mit drei Entsorgungsszenarien (Pt = Eco Point).

Schadenskategorie	Einheit	Deponierung	Verbrennung	Recycling
Einfluss auf die menschliche Gesundheit	Pt	0.692	0.555	0.204
Einfluss auf die Umwelt	Pt	0.0405	0.0357	0.0198
Ressourcen	Pt	0.758	0.698	0.115
Summe	Pt	1.49	1.29	0.339

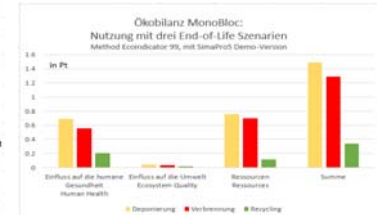


Abb. 4: Ergebnisse der Ökobilanz für den Monobloc mit drei Entsorgungsszenarien (Gesamtbilanz rechts; Pt = Eco Point).

### Literatur und Links

[1] Zuin, V.G.; Eilks, I.; Elschami, M.; Kümmerer, K.: Education in Green Chemistry and in Sustainable Chemistry: perspectives towards sustainability. In: Green Chem., 23(2021), 1594ff  
 [2] Siol, A.; Voss, N.; Eilks, I.: Lernen über Lebenszyklusanalysen am Beispiel Kuhmilch und pflanzliche Alternativen. In Naturwissenschaften im Unterricht (2022), eingereicht  
 [3] Wendler, H.: Film "Ein Plastikstuhl erobert die Welt". NDR 2022 [https://www.ndr.de/nachrichten/info/podcasts/Monobloc\\_monobloc104.html](https://www.ndr.de/nachrichten/info/podcasts/Monobloc_monobloc104.html)  
 [4] ISO 14040 ff + 14044: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines; International Standard Organisation: Geneva, Switzerland, 2006.  
 [5] Ökobilanz-Tool SimaPro5 als DEMO in der Version Classroom <https://simapro.com/licences/#/education>

### Danksagung



Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des Projekts (Az. 34574).