Meta-Analyse von Life-Cycle-Assessments zu Trenntoiletten

Ziel des Forschungsvorhabens

- Untersuchung der ökologischen Vorteile von Trenntoiletten gegenüber dem traditionellen wasser- und entsorgungsbasierten Sanitärsystem
- Systematische Betrachtung der Umweltwirkungen von Trenntoiletten und Vergleich mit den Umweltwirkungen von traditionellen Sanitärsystemen

Methodik Lebenszyklusanalyse

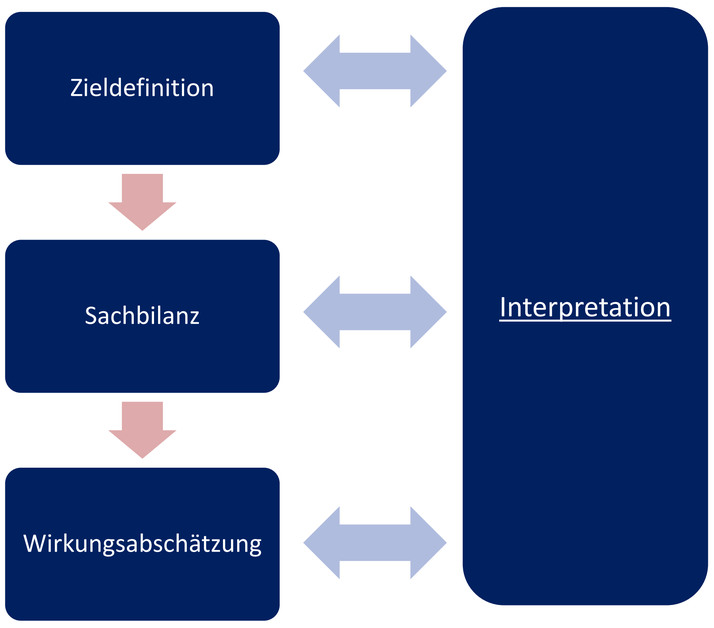

Abbildung 1: Methodischen Vorgehen bei der Lebenszyklusanalyse

Studienauswahl Meta-Analyse

	Umfang	Ressource
Bradford-Hartke et al. (2015)	109 Haushalte	Urin & Fäzes
Hilton et al. (2021)	25k–350k Personen	Urin
Ishii and Boyer (2015)	Universitätswohnheim	Urin
Landry and Boyer (2016)	Universitätswohnheim	Urin
Kavvada et al. (2017)	San Francisco	Urin
Kulak et al. (2017)	169 Mio Toiletten	Urin & Fäzes
Lam et al. (2015)	2000 Personen	Urin & Fäzes
Lehtoranta et al. (2014)	5 Personen	Urin & Fäzes
Remy and Jekel (2008)	5000 Personen	Urin & Fäzes
Spångberg et al. (2014)	18 Personen	Urin & Schwarzwasser

Tabelle 1: Untersuchungsrahmen der Studien

Auswahlkriterien

- Methodisches Vorgehen nach den Normen ISO 14040 und ISO 14044
- Systemgrenzen reichen vom Betrieb der Toiletten bis zur Dünger-verwendung
- Vergleich von konventionellen und Trenn-Toilettensystemen innerhalb der Studie für bessere Vergleichbarkeit

Ergebnisse

Erderwärmungspotenzial (GWP)

- Treibhausgase (THG) speichern Wärme in der Atmosphäre
- THG wirken unterschiedlich stark und lang
  → Vergleichbarkeit durch Angabe in CO2-Äquivalenten
- **Trenntoiletten haben ein GWP-Einsparungspotential von 30 bis 50 %**
  → Hauptgrund: Energieverbrauch der Kläranlagen
- Bau neuer Sanitäranlagen kann GWP kurzfristig im Vergleich zu einem existierenden System erhöhen
- Unsachgemäße Handhabung der Fäkalien kann zu Methan-Emissionen führen

Eutrophierungspotenzial (EP)

- Übersättigung eines Ökosystems mit anorganischen Nährstoffen
- Pflanzen wachsen in einem ungewollten, für das Ökosystem schädlichen Ausmaß
  → Angabe in Phosphat-Äquivalenten
- EP konventioneller Toilettensysteme durch Rückstände aus der Wasseraufbereitung
- Trenntoiletten verringern Phosphor und Stickstoff im Abwasser
  → Geringere Einbringung der Stoffe in das Ökosystem
  → **Reduktion EP um bis zu 65 %**

	GWP	EP	AP	Ökotoxizität	Energie	Wasser
Bradford-Hartke et al. (2015)	✓	✓	–	✓	✓	–
Hilton et al. (2021)	✓	✓	✓	–	✓	✓
Ishii and Boyer (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	–
Kavvada et al. (2017)	–	–	–	–	✓	–
Kulak et al. (2017)	✓	–	–	–	–	–
Lam et al. (2015)	✓	✓	✓	–	–	✓
Landry and Boyer (2016)	✓	✓	✓	✓	–	–
Lehtoranta et al. (2014)	✓	✓	–	–	–	–
Remy and Jekel (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Spångberg et al. (2014)	✓	✓	✓	–	✓	–
Anzahl Studien:	10	9	8	6	4	6	3

Tabelle 2: Überblick über untersuchte Umweltwirkungen

Versauerungspotenzial (AP)

- Abnahme des pH-Werts
  → Entstehung von Schwefel- bzw. Salpetersäure
  → Saurer Regen
  → Angabe in Schwefeldioxid-Äquivalenten
- AP konventioneller Anlagen ist gering
- Chemikalien zur Nährstoffrückgewinnung können hohes AP aufweisen.
- Verwendung von Magnesiumoxid zur Nährstoffrückgewinnung verringert Nährstoff-ertrag, **AP geht dafür gegen 0**

Ökotoxizität

- Wirkungen je nach Umweltgift
  → Vergleich verschiedener Stoffklassen nicht sinnvoll möglich
- Ökotoxizität bei konventionellen Sanitär-anlagen höher, da Arzneimittel nicht rück-standsfrei entfernt werden können
  → Urinseparierung verringert Öko-toxizität um bis zu 90 %
- Unsachgemäße Behandlung des Urins kann Ökotoxizität steigern
- **Eintrag von Cadmium, Chrom und Blei in den Boden kann durch organische Dünger um bis zu 85 % gesenkt werden**

Energieverbrauch

- Verbrauchte Energie in kWh
- Klärwerke haben durch Schwarzwasser-einleitung hohen Energieverbrauch
  → **Trennsysteme haben niedrigeren Energieverbrauch**

Wasserverbrauch

- Menge (in Liter) an Süßwasser, welche im gesamten Lebenszyklus verschmutzt wird oder verloren geht.
- **Trennsysteme schonen Wasser-ressourcen erheblich**

Fazit

- Betrachtung unterschiedlicher Wirkungskriterien durch verschiedene Studien, nur eine Studie betrachtet alle Wirkungskriterien
  →Absolute Vergleichbarkeit der Werte nur bedingt sinnvoll
  →ABER Alle Studien zeigen positive Tendenzen für alle Umweltwirkungskategorien

Gero Scheck

Affiliation:
Technische Universität Berlin

Contact:
E-Mail: gfs@wip.tu-berlin.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

zirkulierBAR ZURÜCK IN DEN KREISLAUF