



KWB

Ökobilanzieller Vergleich R-Rhenania

Fabian Kraus

19.05.2026

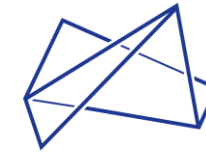
KWB

WASSER / FORSCHUNG / ZUKUNFT

*Angewandte Forschung und Beratung
für den urbanen Wasserkreislauf.*

Gemeinnützig und neutral / Seit 2001.

Gesellschafter



**TECHNOLOGIE
STIFTUNG
BERLIN**



*Berliner
Wasserbetriebe*

berlinwasser

Ziel und Untersuchungsrahmen

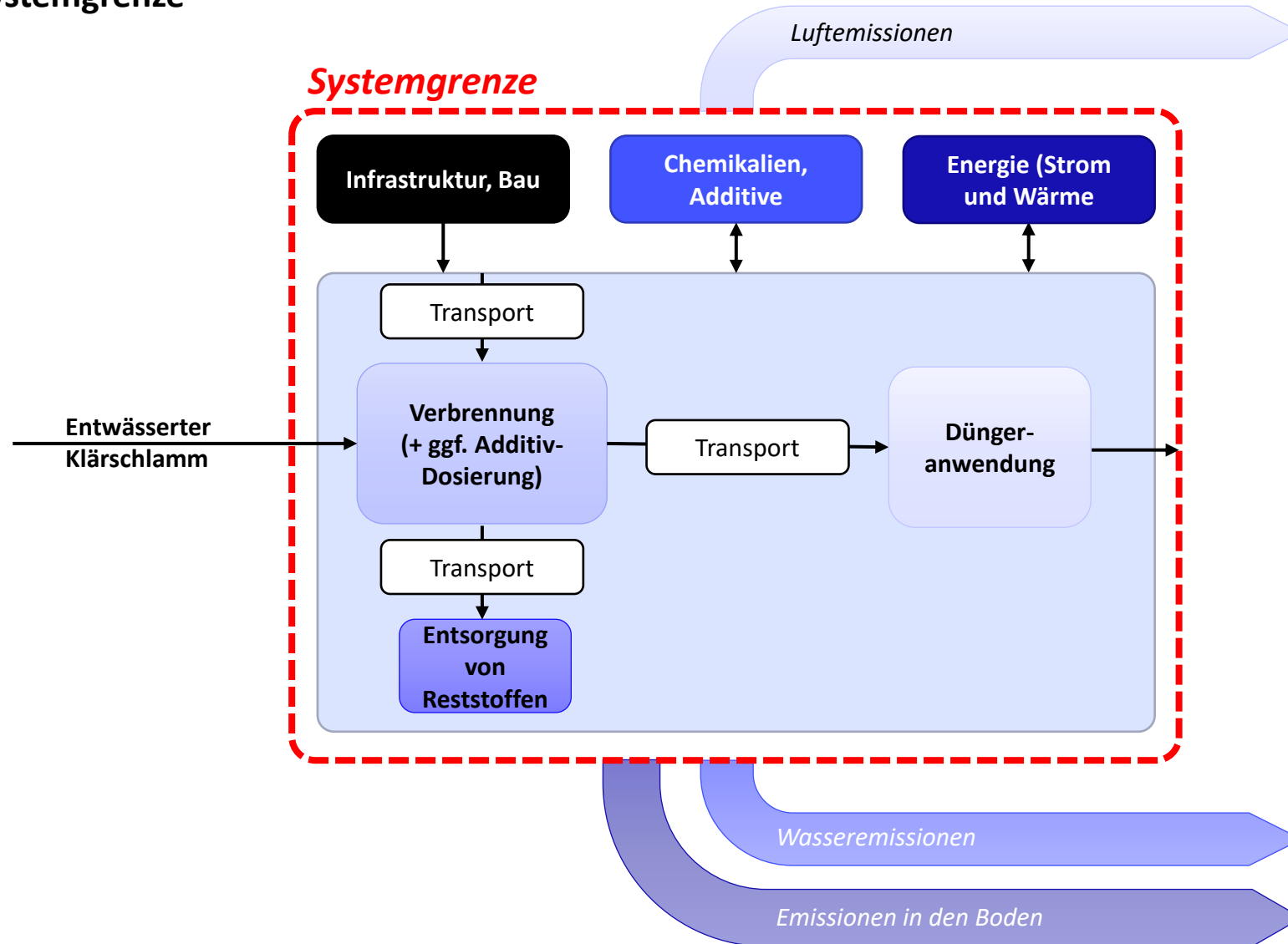
Ziel, Funktionelle Einheit und Systemgrenze

- Behandlung von Klärschlammasche mit dem Ziel pflanzenverfügbaren P-Dünger zu erhalten
- Umweltauswirkungen pro Tonne Trockenmasse Klärschlamm
- Betrachtung des ganzen Lebenszykluses
 - Direkte Emissionen (=auf der Anlage)
 - Indirekte Emissionen + Ressourcennutzung (Strom, Wärme, Chemikalien, Abfall ...)
 - Gutschriften für Produkte (=pflanzenverfügbares P)
- Fokus heute:
 - Energie,
 - CO₂-Emissionen,
 - Schwermetalle



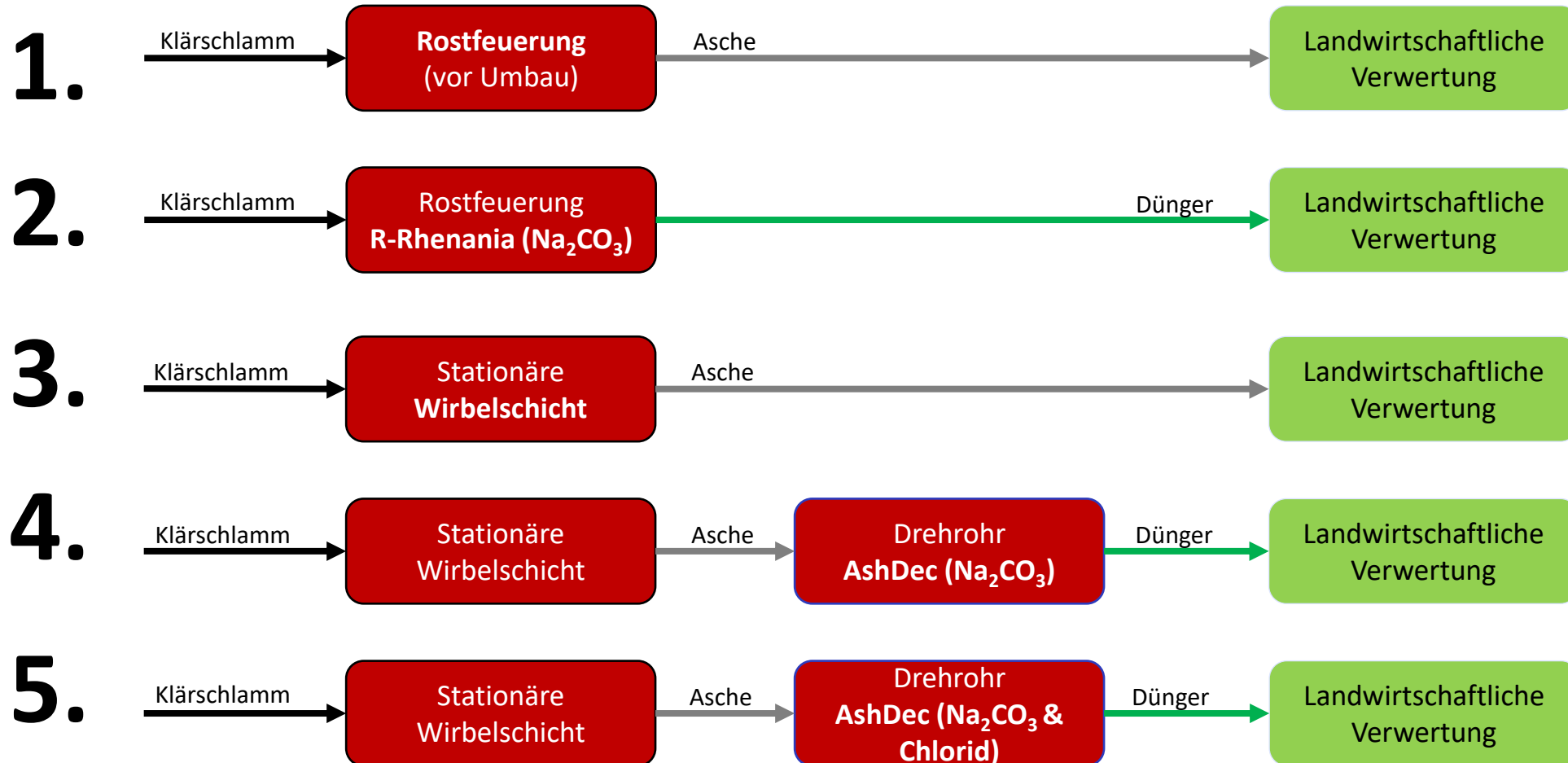
Ziel und Untersuchungsrahmen

System und Systemgrenze



Ziel und Untersuchungsrahmen

Szenarien



Ziel und Untersuchungsrahmen

Wirkungskategorien für die Wirkungsabschätzung

- **Kumulierter Energieaufwand, nicht-erneuerbarer** (CED_{nr}) – [MJ/t TM Klärschlamm]
→ *Kohle, Gas, Öl, Uran*
- **Treibhauspotential** (GWP 100a) – [kg CO₂-Eq/t TM Klärschlamm]
→ *CO₂, CH₄, N₂O*
- **Humantoxizitätspotential, nicht-krebserregend** (HTP_{nc}) – [kg 1,4-DCB-Eq/t TM Klärschlamm]
→ *u.a. Schwermetalle in der Umwelt*

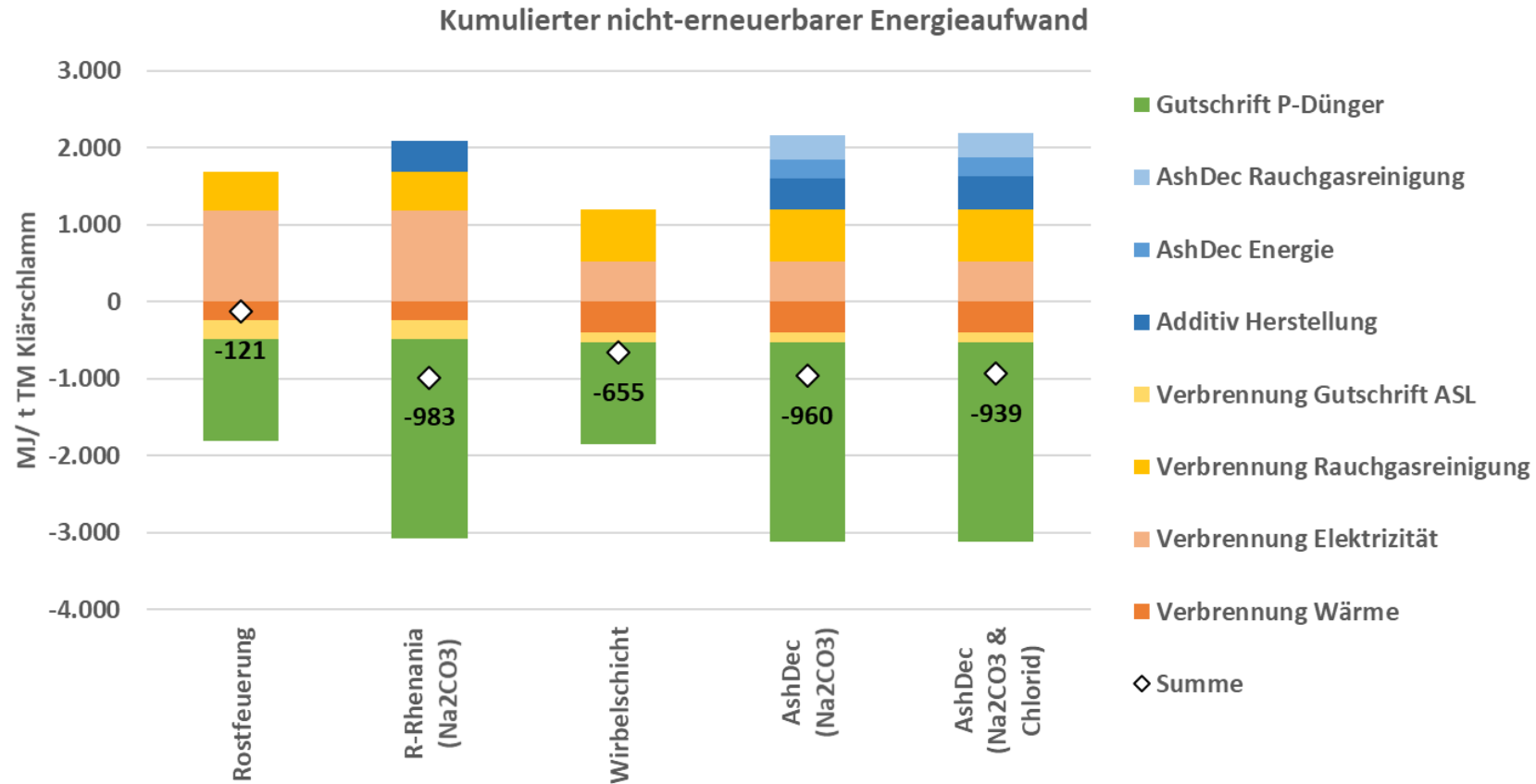
Sachbilanz

Erfassung der Eingangsdaten

Klärschlamm zur Verwertung		Emissionen		Emissionen	
Inputs		Emissionen		Inputs	
Trockenmasse	Elektrischer Strom	SO ₂		Na ₂ CO ₃	Parameter
Trockenrückstand	Erdgas (Anfahren)	NO _x		NaCl	Einheit
Glühverlust	NaOH 50 %	NH ₃		Elektrischer Strom	P _{NAC}
Phosphor (TP)	H ₂ SO ₄ 96 %	CO		Wärme	% des TP
Arsen (As)	Ca(OH) ₂ 100 %	Staub		Ca(OH) ₂ 100 %	Arsen (As)
Cadmium (Cd)	Aktivkohle 100 %	HCl		Aktivkohle 100 %	Cadmium (Cd)
Chrom (Cr)	Additiv Entstickung	CO ₂ (nicht fossil)			Chrom (Cr)
Kupfer (Cu)	Outputs	CO ₂ (fossil)		Dünger	Kupfer (Cu)
Quecksilber (Hg)	Klärschlammmasche	N ₂ O		CO ₂ (fossil)	Quecksilber (Hg)
Nickel (Ni)	Elektrischer Strom	Hg		Abfall Rauchgaswäsche	Nickel (Ni)
Blei (Pb)	Wärme				Blei (Pb)
Zink (Zn)	Abfall Rauchgaswäsche				Zink (Zn)
	(NH ₄) ₂ SO ₄ (38 %)				

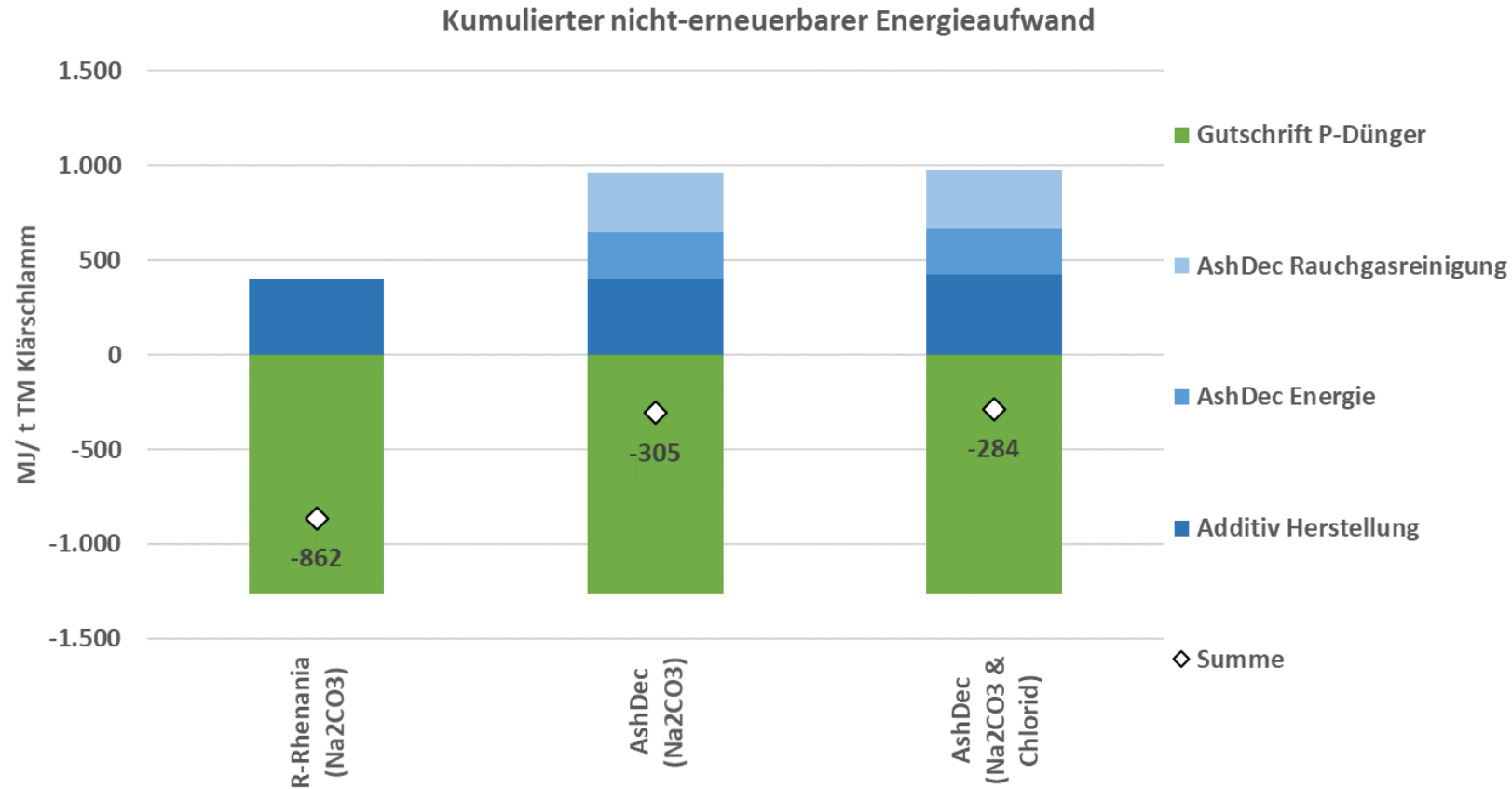
Wirkungsabschätzung - Gesamt

Kumulierter Energieaufwand, nicht-erneuerbarer (CED_{nr}) – [MJ/t TM Klärschlamm] → Kohle, Gas, Öl, Uran



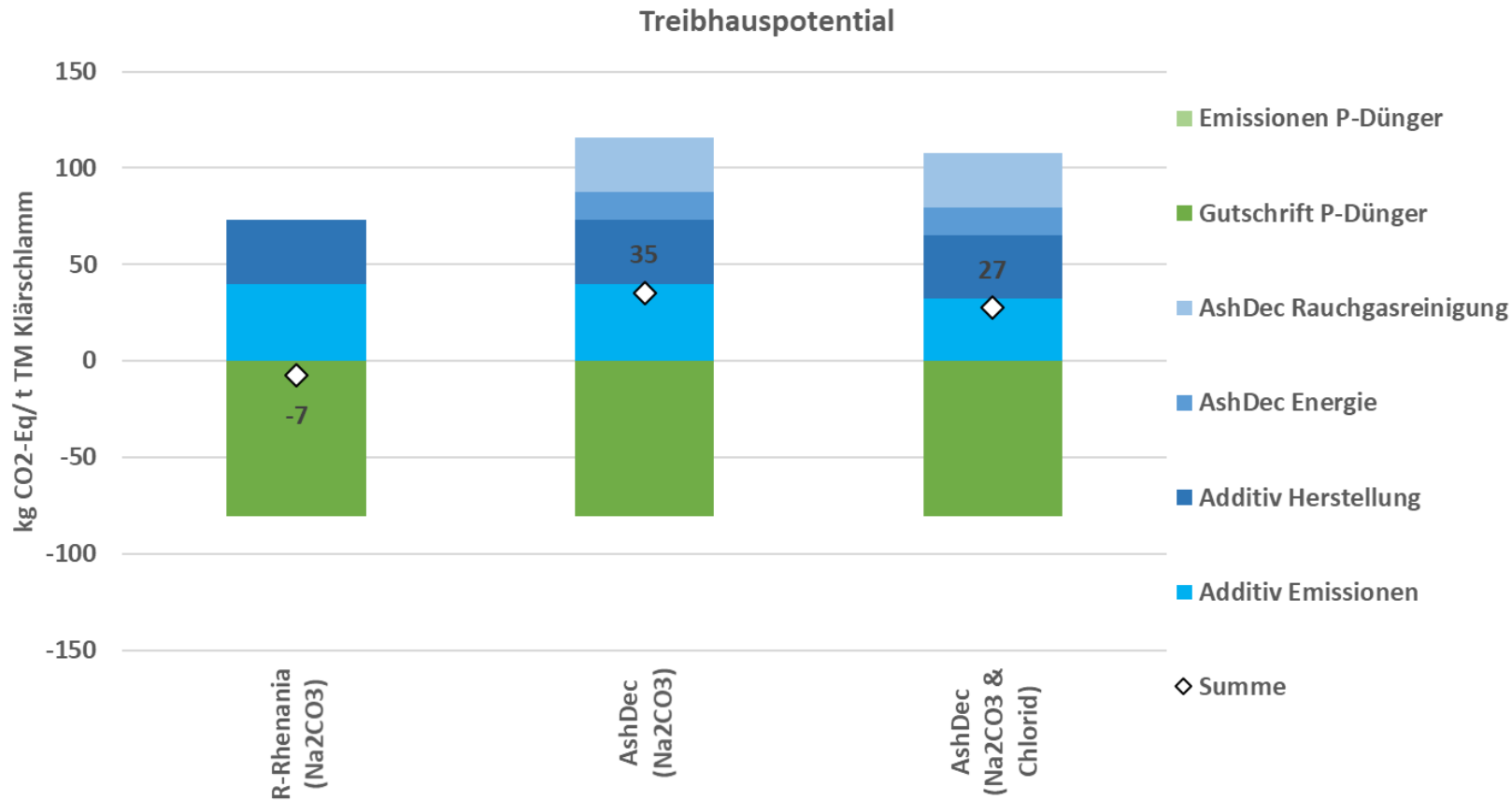
Wirkungsabschätzung - Änderungen

Kumulierter Energieaufwand, nicht-erneuerbarer (CED_{nr}) – [MJ/t TM Klärschlamm] → Kohle, Gas, Öl, Uran



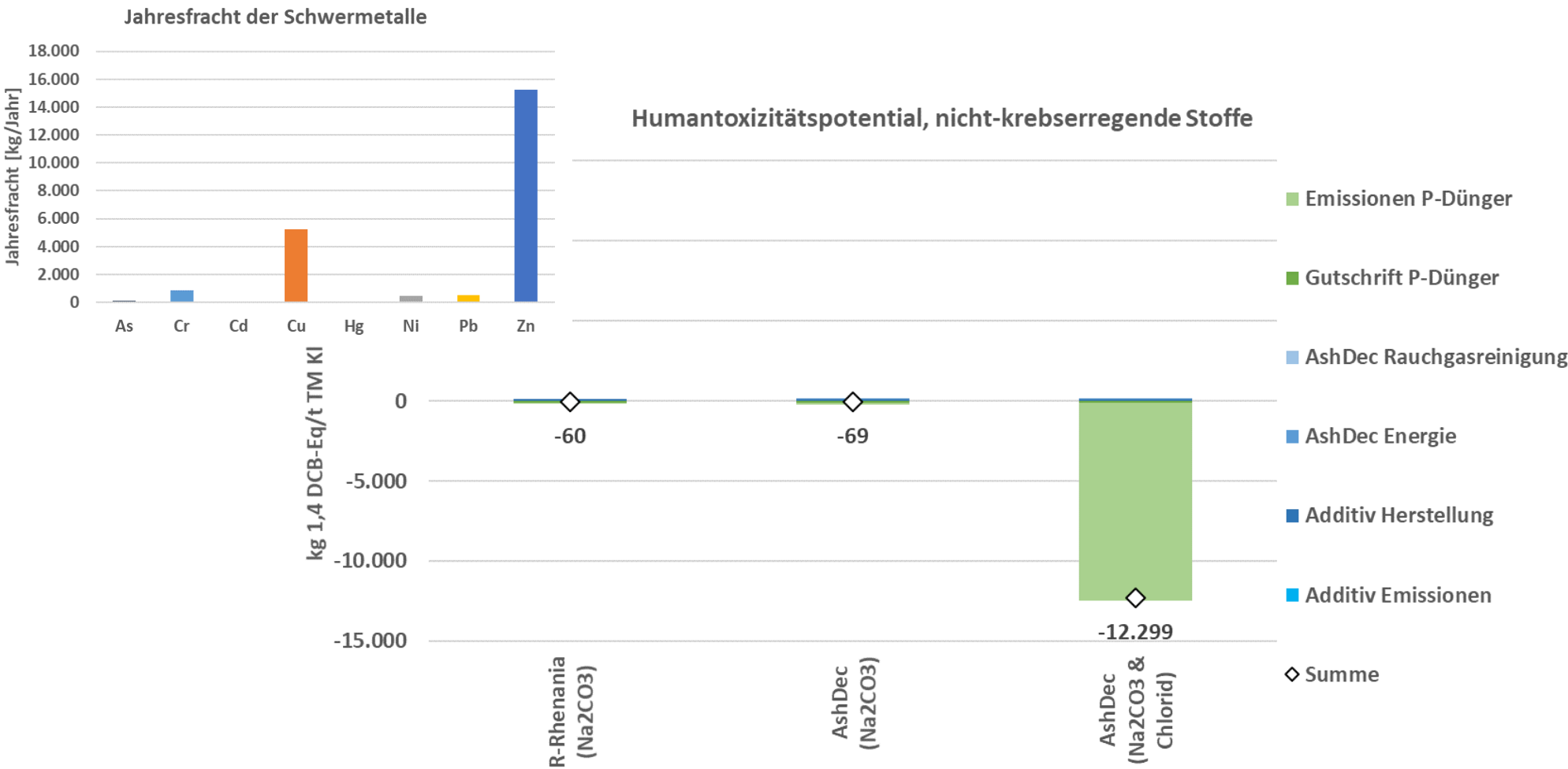
Wirkungsabschätzung - Änderungen

Treibhauspotential (GWP 100a) – [kg CO₂-Eq/t TM Klärschlamm] → CO₂, CH₄, N₂O



Wirkungsabschätzung - Änderungen

Humantoxizitätspotential, nicht-krebserregend (HTP_{nc}) – [kg 1,4-DCB-Eq/t TM Klärschlamm] → u.a. Schwermetalle in der Umwelt



Interpretation

Wesentliche Erkenntnisse aus dem Ökobilanziellen Vergleich

- Die energetischen Aufwendungen für die Additiv- und Energiebereitstellung sind geringer als die Aufwendungen für den zurückgewonnenen P-Dünger als Düngemittel-Eq.
- Die Wirbelschicht ist aufgrund des geringeren Emissionswertes für Lachgas vom Treibhauspotential besser bewertet als die Rostfeuerung
 - Betrachtet man allerdings nur die Änderung ist die integrierte R-Rhenania Variante geringer im Treibhauspotential als die nachgeschaltete AshDec-Variante (wegen der zusätzlich benötigten Energie)
- Im Bereich der Bewertung der Schwermetalle, sind insbesondere die massenmäßig relevanten Schwermetalle Zink (oder Kupfer bei anderen Toxizitätsindikatoren) besonders relevant
- Eine Kostenschätzung der verschiedenen Varianten ist aktuell in Erarbeitung!



Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Grunewaldstraße 61-62, 10825 Berlin

Fabian Kraus

Fabian.Kraus@kompetenz-wasser.de

+49 30 536 53 842



@Kompetenzzentrum Wasser Berlin



www.kompetenz-wasser.de