



KWVB

Ökobilanzierung der Phosphorrückgewinnung

Ein Erfahrungsbericht

- 01 Was ist das Ziel?
- 02 Was ist der Ansatz?
- 03 Was ist die Perspektive?
- 04 Was ist entlang der Prozesskette zu beachten?
- 05 Welche Ergebnisse sind zu erwarten?
- 06 Wie belastbar sind einzelne Aussagen?
- 07 ... ein paar Gedanken zum Schluss

Was ist das Ziel?

Die saubere Definition von **Ziel und Untersuchungsrahmen** ist der entscheidende Schritt der Ökobilanz!

(1) Wie will ich vergleichen?

- Will ich einen systematischen Vergleich verschiedener Technologien zur Phosphorrückgewinnung gegeneinander für ein (Referenz-)Klärwerk oder eine (Referenz-)Asche anstellen (→ **Horizontaler Vergleich**: *“meine Lösung gegenüber den anderen”*)
- Will ich eine fallspezifisches Zukunftsszenario mit Phosphorrückgewinnung gegenüber dem Status-quo ohne Phosphorrückgewinnung analysieren (→ **Vertikaler Vergleich**: *“ich heute – ich morgen”*)

Was ist das Ziel?

Die saubere Definition von **Ziel und Untersuchungsrahmen** ist der entscheidende Schritt der Ökobilanz!

(2) Was will ich vergleichen?

- Will ich die heutige Abwasserbehandlung und Schlammbehandlung/-entsorgung mit einer zukünftigen Phosphorrückgewinnung vergleichen?
- Will ich rückgewonnene Phosphordünger aus dem Abwasserpfad mit fossilen Phosphordüngern aus Rohphosphat vergleichen?
- Will ich die Auswirkungen eines (Phosphorrückgewinnungs-)verfahren auf die Abwasserbehandlung und Schlammbehandlung/-entsorgung betrachten?
 - Auswirkungen auf Gaserträge in der Faulung
 - Gutschriften und Emissionen von verschiedenen Trocknungs- und Schlammverbrennungsverfahren
 - Auswirkungen auf die zu entsorgende Aschemenge

Was ist der Ansatz?

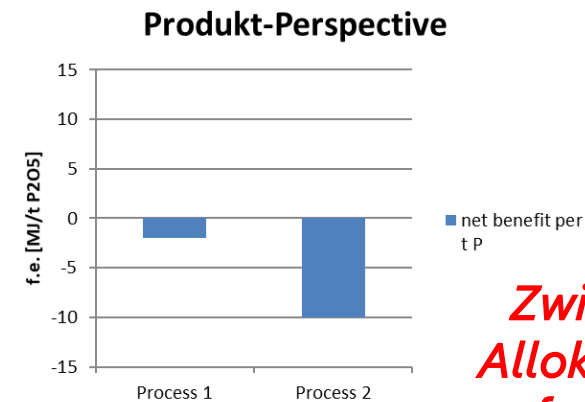
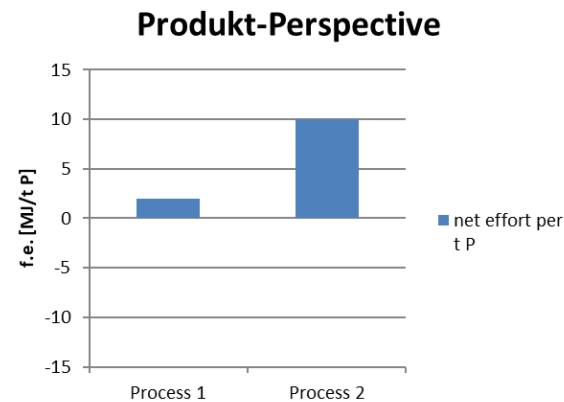
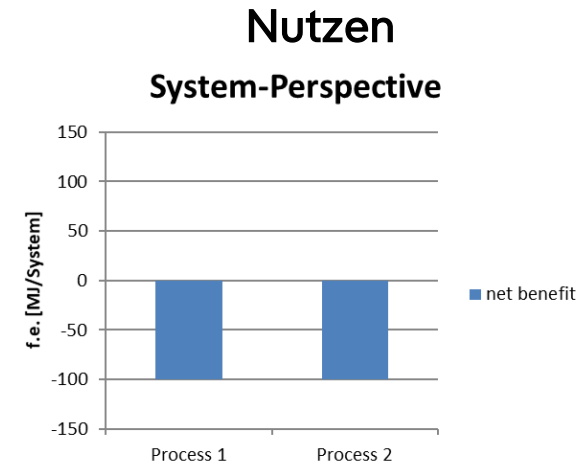
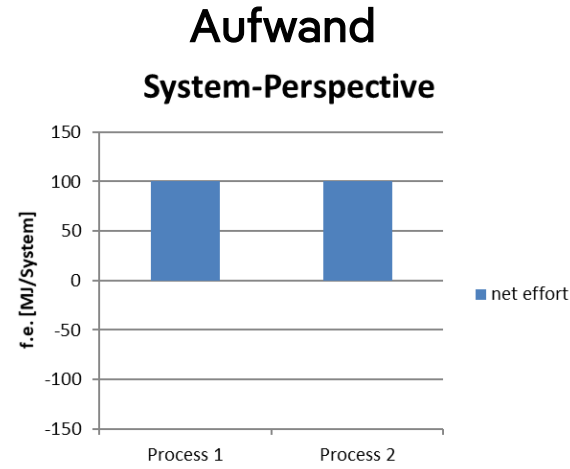
	'system expansion'	'avoided burden'
Business-as-usual (Klärwerk/ Asche- entsorgung ohne P-Rückgewinnung)	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #000080; color: white; padding: 10px; text-align: center;">Klärwerk</div> <div style="background-color: #e6e6ff; padding: 10px; text-align: center;">Düngemittel- produktion</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Behandlung von 10 Mm³ mit 100 t P</i></div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Produktion von 100 t P</i></div> </div> </div>	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="background-color: #000080; color: white; padding: 10px; text-align: center;">Klärwerk</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;"><i>Behandlung von 10 Mm³ mit 100 t P</i></div> </div>
Zukunftsszenario (Klärwerk/ Asche- entsorgung mit P- Rückgewinnung)	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #000080; color: white; padding: 10px; text-align: center;">Klärwerk mit P- Rückgewinnung</div> <div style="background-color: #e6e6ff; padding: 10px; text-align: center;">Düngemittel- produktion</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Behandlung von 10 Mm³ mit 100 t P Rückgewinnung von 50 t P</i></div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Produktion von 50 t P</i></div> </div> </div>	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #000080; color: white; padding: 10px; text-align: center;">Klärwerk mit P- Rückgewinnung</div> <div style="background-color: #e6e6ff; padding: 10px; text-align: center;">Vermiedene Düngemittel- produktion</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Behandlung von 10 Mm³ mit 100 t P Rückgewinnung von 50 t P</i></div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"><i>Vermiedene Produktion von 50 t P</i></div> </div> </div>
System, System- beschreibung, Funktion des Systems und Funktionale Einheit	Klärwerk & Düngemittelproduktion Multi-Funktionales System FU: m ³ Abwasser behandelt und t P produziert (Allokationen erforderlich?) <i>Komplex und schwierig!</i>	Klärwerk Ein-Funktionales System FU: m ³ Abwasser behandelt FU ist nicht t P produziert! <i>Einfach und leicht!</i>

Was ist die Perspektive?

Perspektive	Beschreibung	Berechnung	FU (Beispiele)
System	Gesamter Umweltfußabdruck des Systems	<ul style="list-style-type: none"> A (Referenz), B (Referenz + P-Rückgewinnungsverfahren b-Phos), C (Referenz + P-Rückgewinnungsverfahren c-Phos) 	Umweltwirkung je... <ul style="list-style-type: none"> m³ Abwasser behandelt Einwohnerwert und Jahr
System-änderung	Gesamter Umweltfußabdruck der P-Rückgewinnung innerhalb des Systems inkl. der Auswirkungen auf das System	<ul style="list-style-type: none"> B – A (P-Rückgewinnungsverfahren b-Phos) C – A (P-Rückgewinnungsverfahren C-Phos) 	Umweltwirkung je... <ul style="list-style-type: none"> m³ Abwasser behandelt Einwohnerwert und Jahr
Produkt (Achtung: Allokationen) <i>Vorsicht!</i>	(Gesamter ?) Umweltfußabdruck pro Masse des zurückgewonnenen P <i>Vorsicht! Allokationen?</i>	z.B. $(B_{\text{(ohne vermiedenen Aufwand für fossile P Produktion)}} - A) / \text{Masse des zurückgewonnenen P}$ <i>Vorsicht! Allokationen?</i>	Umweltwirkung je... <ul style="list-style-type: none"> t P zurückgewonnen <p><i>Eine Bezugseinheit ohne kausale Relation zum System und der Funktion des Systems!</i></p>

Was ist die Perspektive?

Beispiel: Zwei Verfahren haben in der Systemperspektive den gleichen Aufwand oder Nutzen, wobei Prozess 1 eine 50 prozentige Rückgewinnungsrate aufweist und Prozess 2 nur eine 10 prozentige Rückgewinnungsrate aufweist.



**Zwingend
Allokationen
erforderlich**

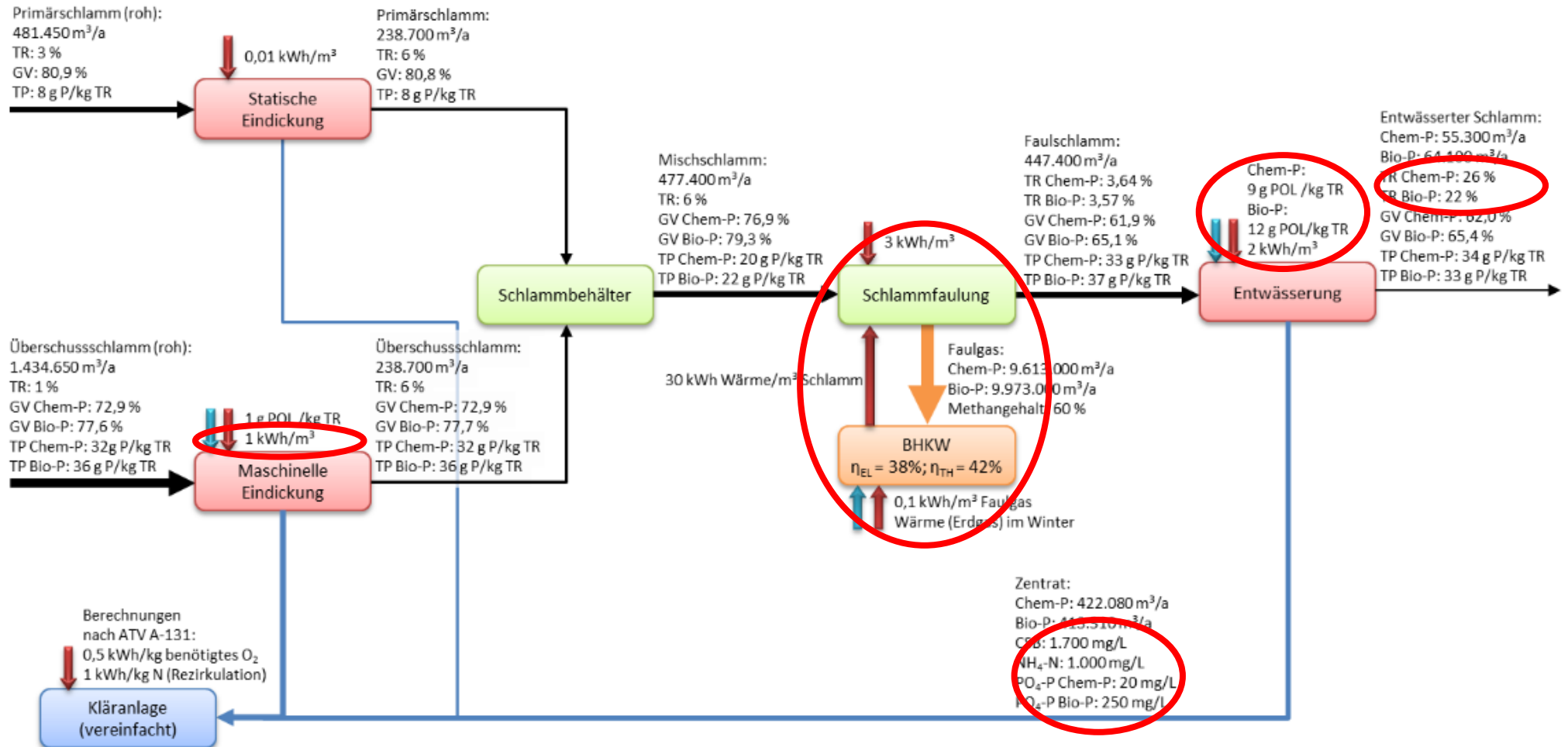
Was ist entlang der Prozesskette zu beachten?

Modellierung der Prozesse entlang der Prozesskette:

- Als Vektoren mit der Jahresfracht [V, DM, oDM, TN, NH₄-N, TP, PO₄-P]
- Berechnung der jeweiligen Jahresverbrauchsmengen, der Emissionen, sowie der Jahresfracht-Vektoren aufgrund von Aggregatspezifischen Kennzahlen
- Aggregation der Jahresverbrauchsmengen (z.B. an elektrischem Strom, Wärme, Polymer, Chemikalien usw.) und Emissionen (z.B. CH₄, N₂O, NH₃)
- Multiplikation mit Charakterisierungsfaktoren zur Berechnung der Jahresmengen je Wirkungskategorie, ggf. aufgeschlüsselt nach Aggregat
- Unterstützungssoftware: KWB (Umberto LCA+, R-Studio), Gabi o.ä., SimaPro (mit separaten Aggregationsmodell)

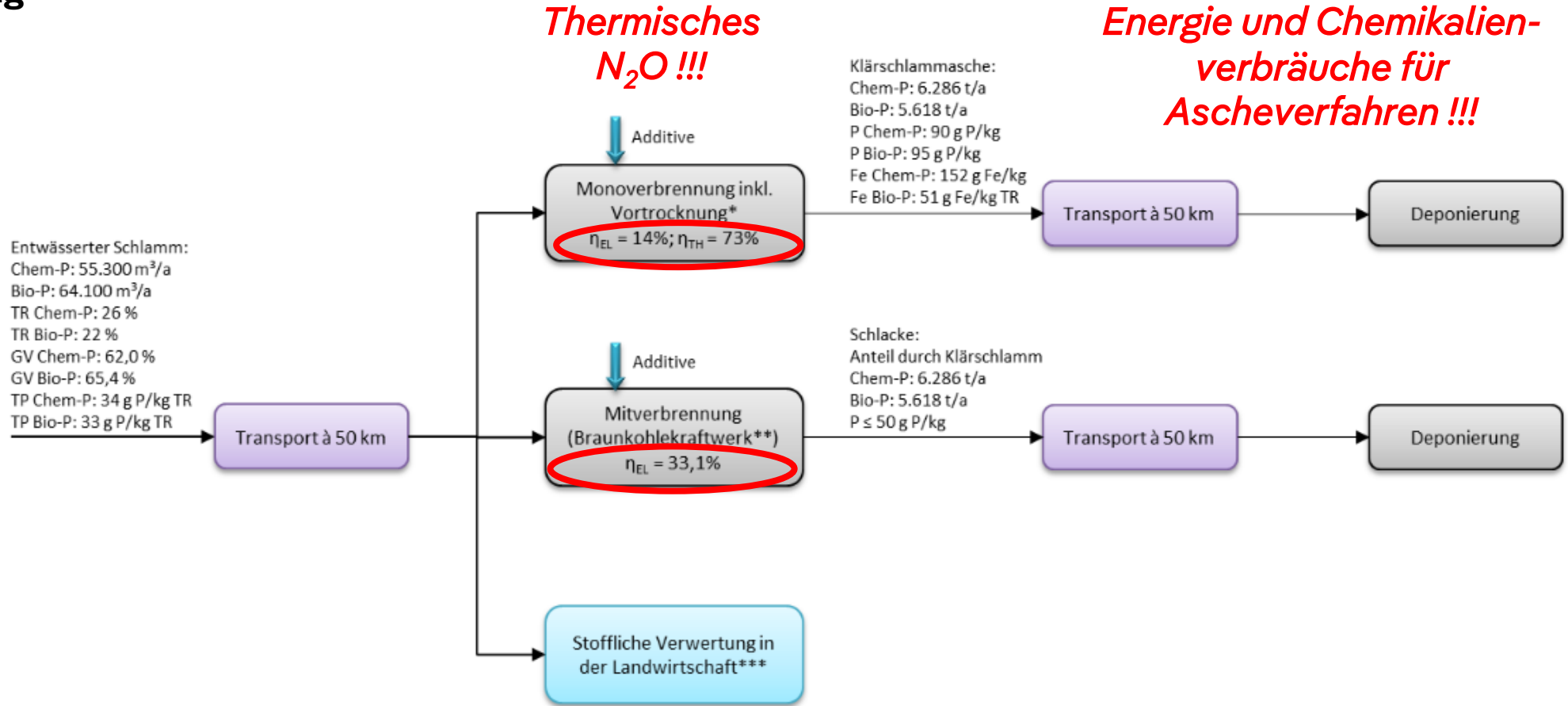
Was ist entlang der Prozesskette zu beachten?

Schlammbehandlung



Was ist entlang der Prozesskette zu beachten?

Schlamm Entsorgung



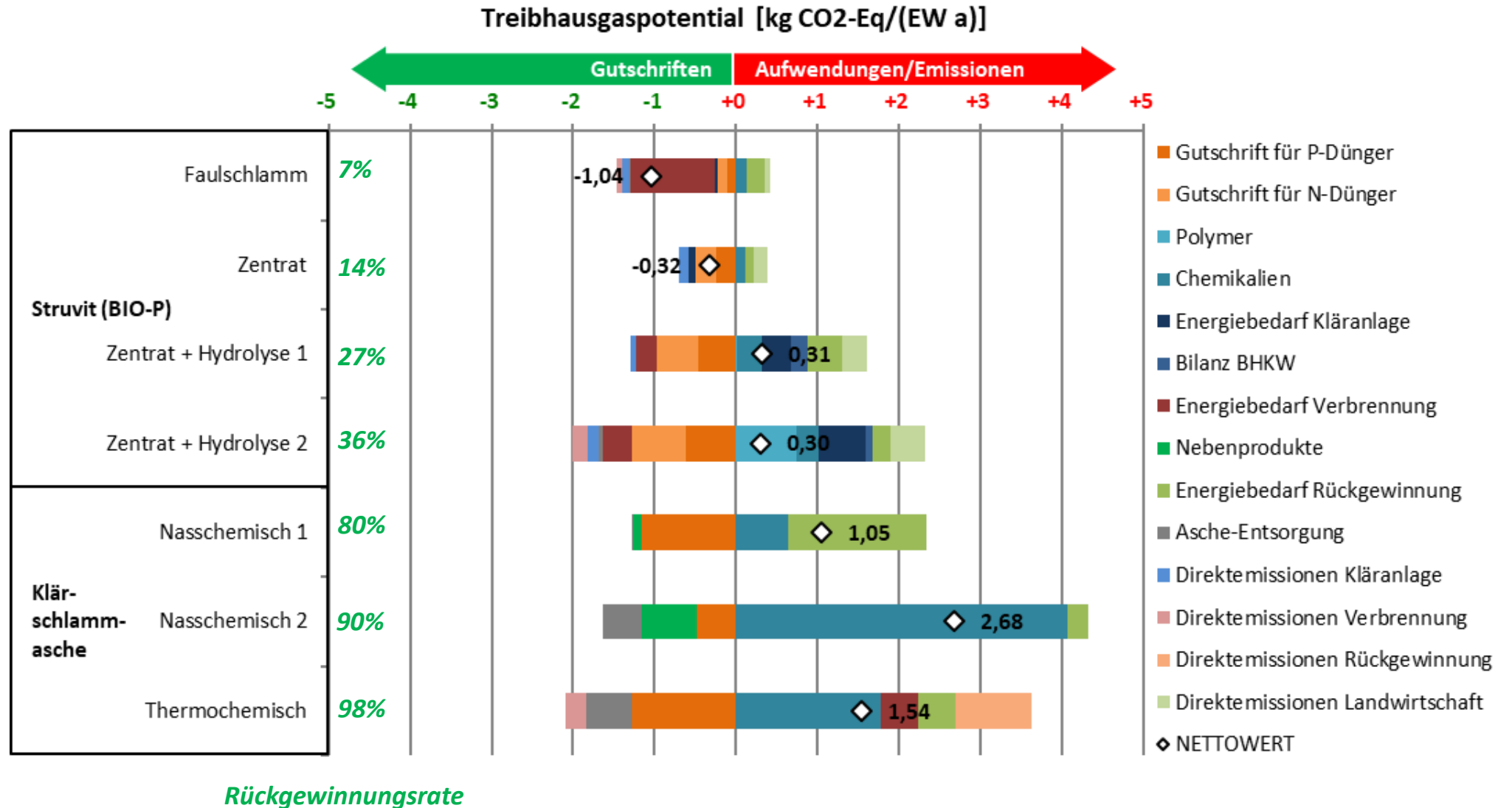
* Verschiedene Emissionslevel für Lachgasemissionen

** Substitution von Braunkohlestrom

*** Anrechnung der Nährstoffe: $\eta_N = 25\%$ als Ammoniumäquivalent; $\eta_{P,Chem-P} = 60\%$; $\eta_{P,Bio-P} = 95\%$

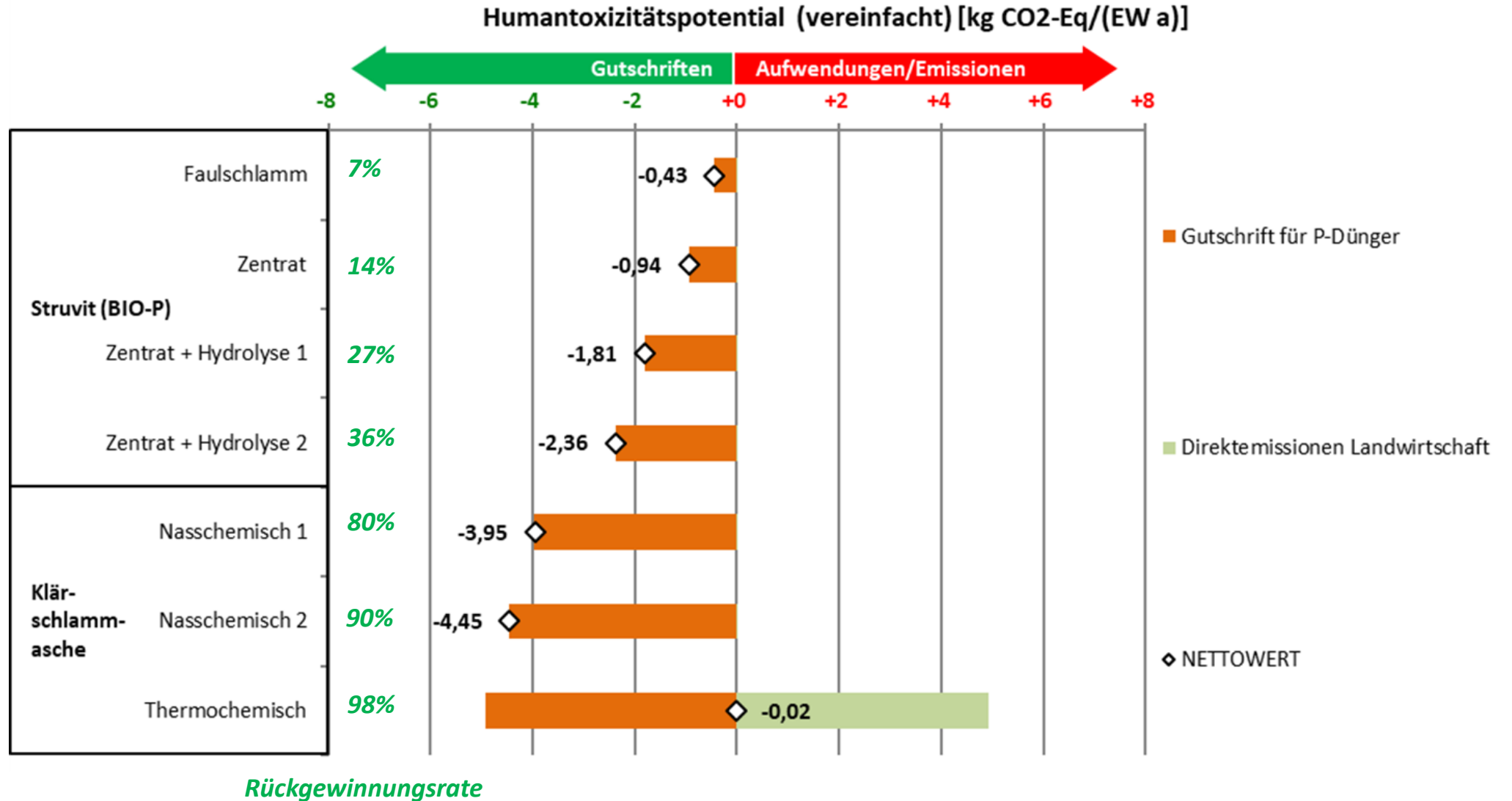
Welche Ergebnisse sind zu erwarten?

Key Message: Je höher die Rückgewinnungsrate, desto höher der Aufwand trotz höherer Gutschrift für mehr P !!!



Welche Ergebnisse sind zu erwarten?

Key Message insbesondere bei Ascheverfahren: Verbleib der Schwermetalle entscheidend !!!



Wie belastbar sind einzelne Aussagen?

- Die Berechnung erfolgt immer auf Basis von vielen Annahmen, wobei einige der zu bewertenden Verfahren in RePhor auf Basis von Erkenntnissen von Pilotanlagen beruhen – Wie sieht es mit der Übertragbarkeit auf die Großtechnik aus?
- Die Ergebnisse ist immer ein Best-Guess und man sollte nicht an den berechneten Zahlen der Wirkungsabschätzung festhalten. Die Ökobilanz hilft viel mehr Anwender und Nutzer die Zusammenhänge darzustellen und Optimierungsgrößen aufzuzeigen.
- Wir befinden uns (hoffentlich) in einem Jahrzehnt in dem sich Grundsätzlich etwas zur Bekämpfung der Klimakatastrophe tut: Mit Strom- und Wärmewende ändern sich auch die Fußabdrücke zahlreicher Chemikalien.
 - Es ist zwischen Strom- bzw. Wärmeintensiven Chemikalien und „ressourcen- bzw. emissionsintensiven“ Chemikalien zu unterscheiden um Aussagen für zukünftige Fußabdrücke von Anlagen in 15 oder 30 Jahren zu treffen.

... ein paar Gedanken zum Schluss

Leitfrage: Wie wird die Kombination aus Energiewende und CO₂-Bepreisung den (Chemikalien-)Markt und die Wirtschaftlichkeit und den Umweltfußabdruck der P-Rückgewinnung verändern?

Stromintensiv

HCl, NaOH

Wärmeintensiv

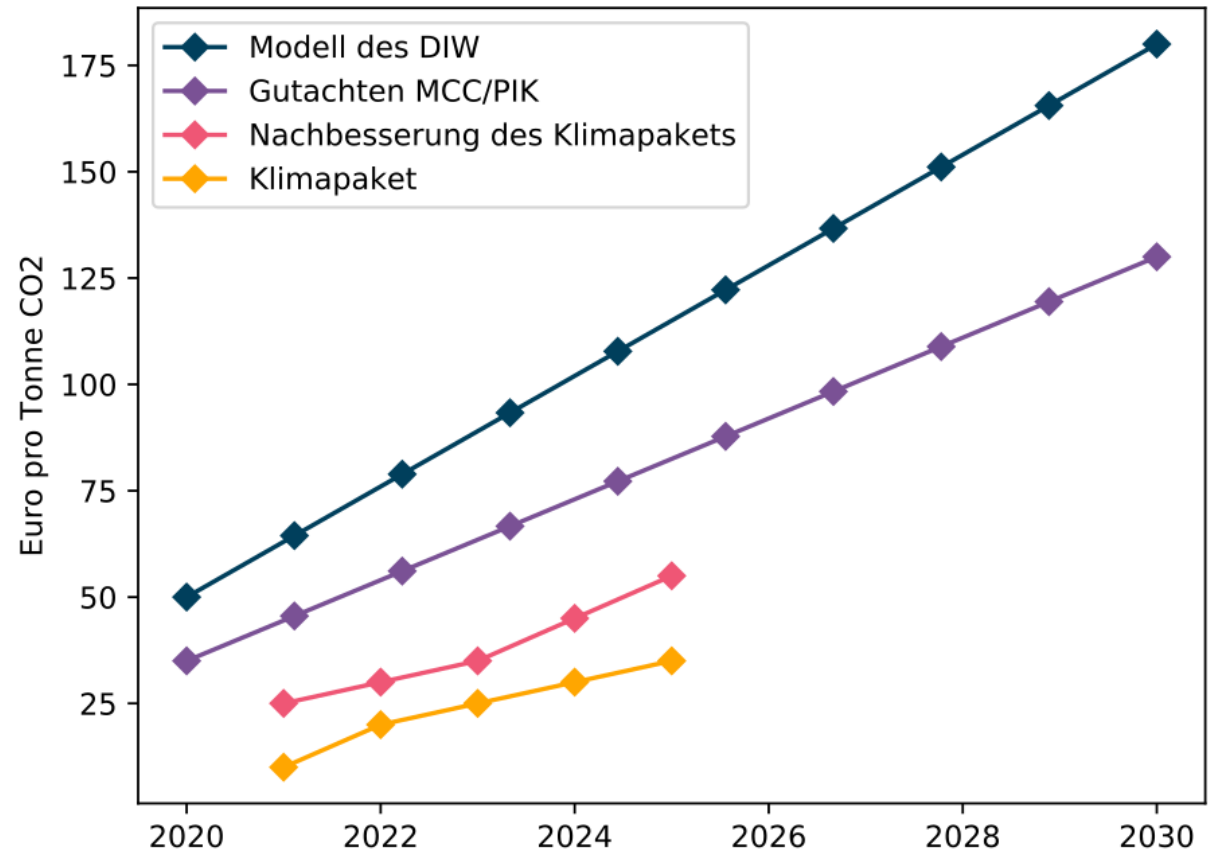
Eindampfen

Ressourcenintensiv

H₂SO₄

Emissionsintensiv

CaCO₃, CaO, Ca(OH)₂



KWVB

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Cicerostraße 24, 10709 Berlin

Fabian Kraus

fabian.kraus@kompetenz-wasser.de

Tel. 030 - 536 53 842



@Kompetenzzentrum Wasser Berlin



@kompetenzwasser



www.kompetenz-wasser.de