



15. April 2026

DWA-RePhoR-Seminar

Rechts- und Organisationsfragen bei der P-Rückgewinnung



Kostenermittlung und -verteilung im Verbund am Beispiel des KNRN

Maike Beier, Kasra Saadlou und Ralph Zwafink

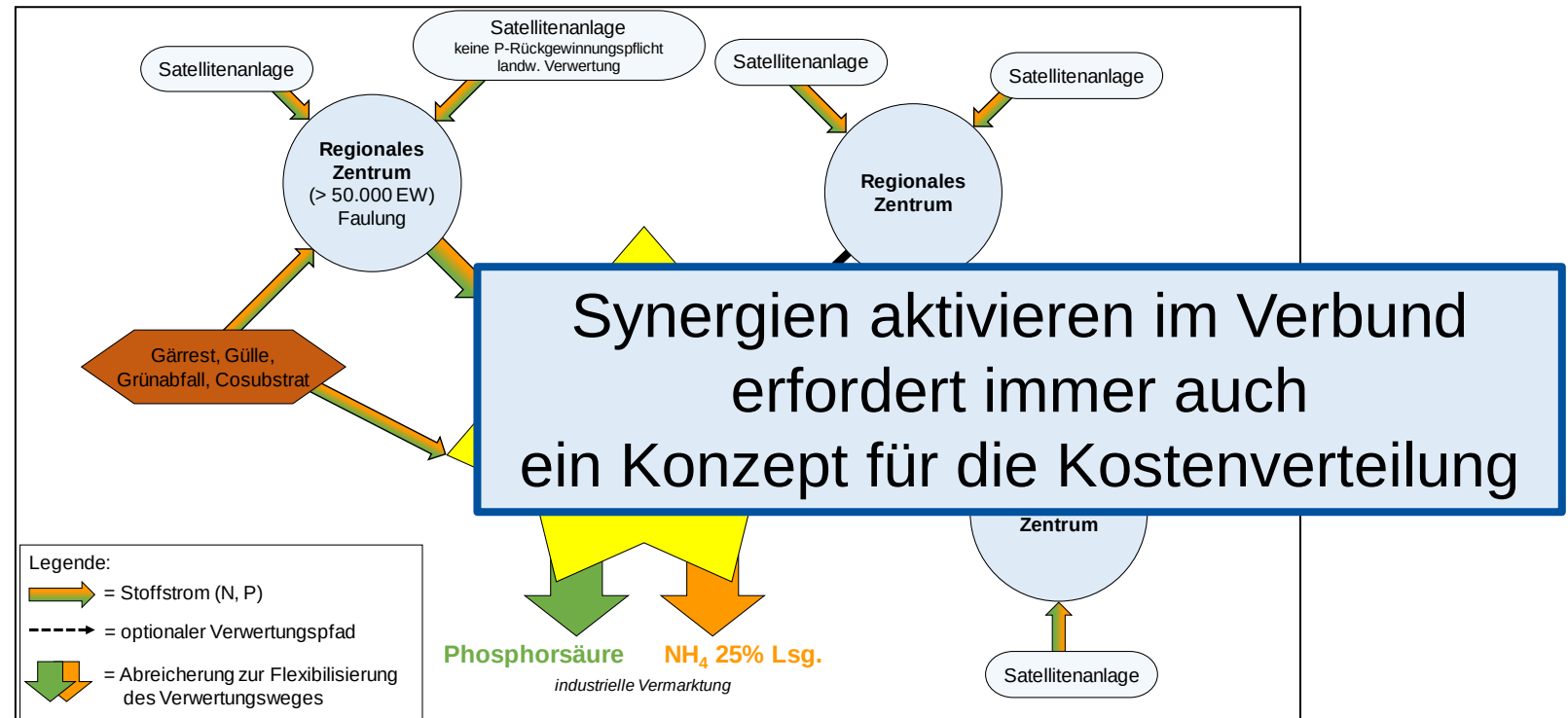


Konzept SATELLITE - Kläranlagenbetrieb im (Gesamt-)Verbund



vor- und nachgelagerten Prozesse

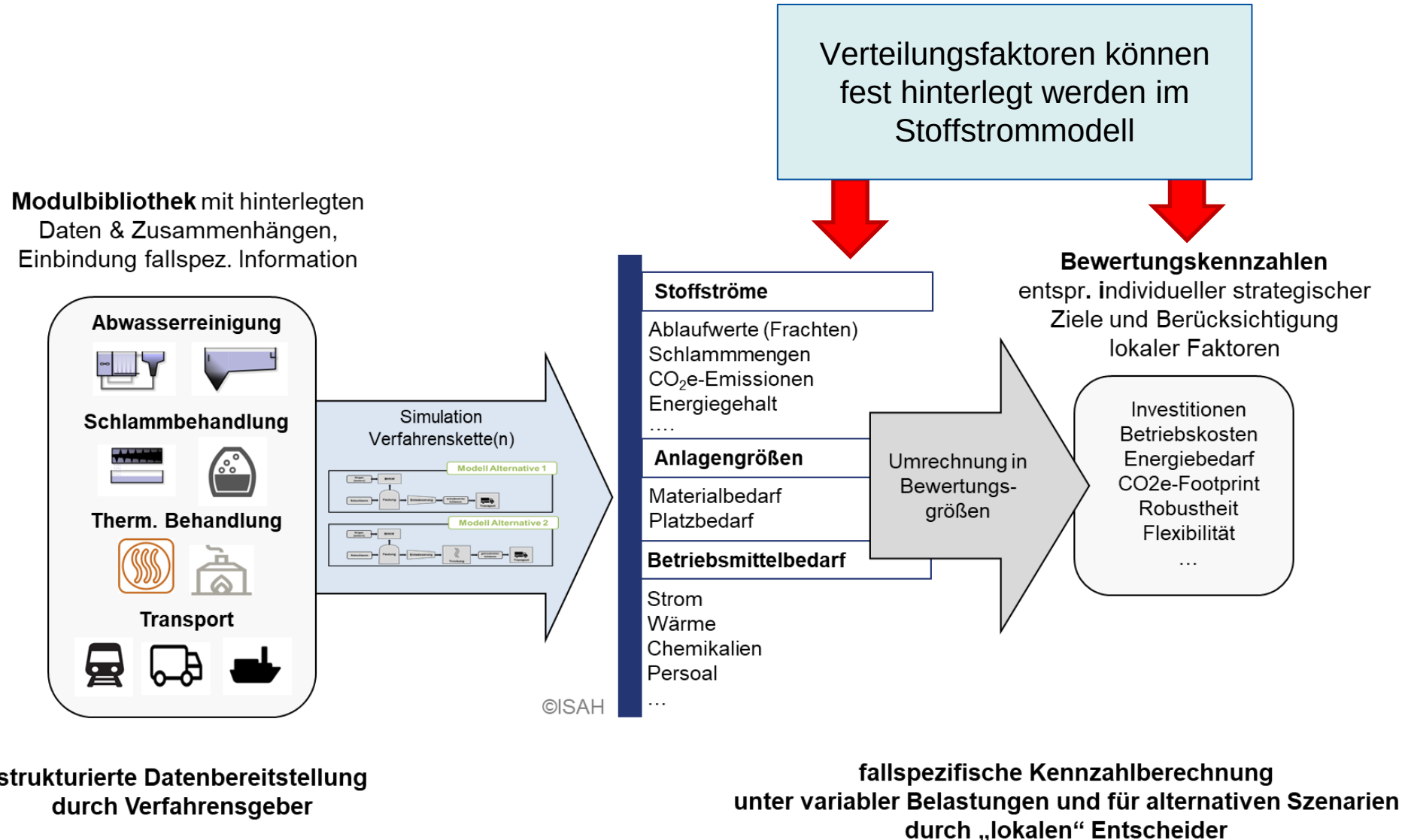
- Verfahrensauswahl und Transformation der regionalen KA
- Schlammmanagement Transport und Logistik
- Integration regionaler Nährstoffbedarfe und -potentiale



- Zentrale, kommunale Schlammentsorgung
- Anlagenbau und -betrieb Trocknung, Verbrennung



Konzept modellgestützte Bewertung

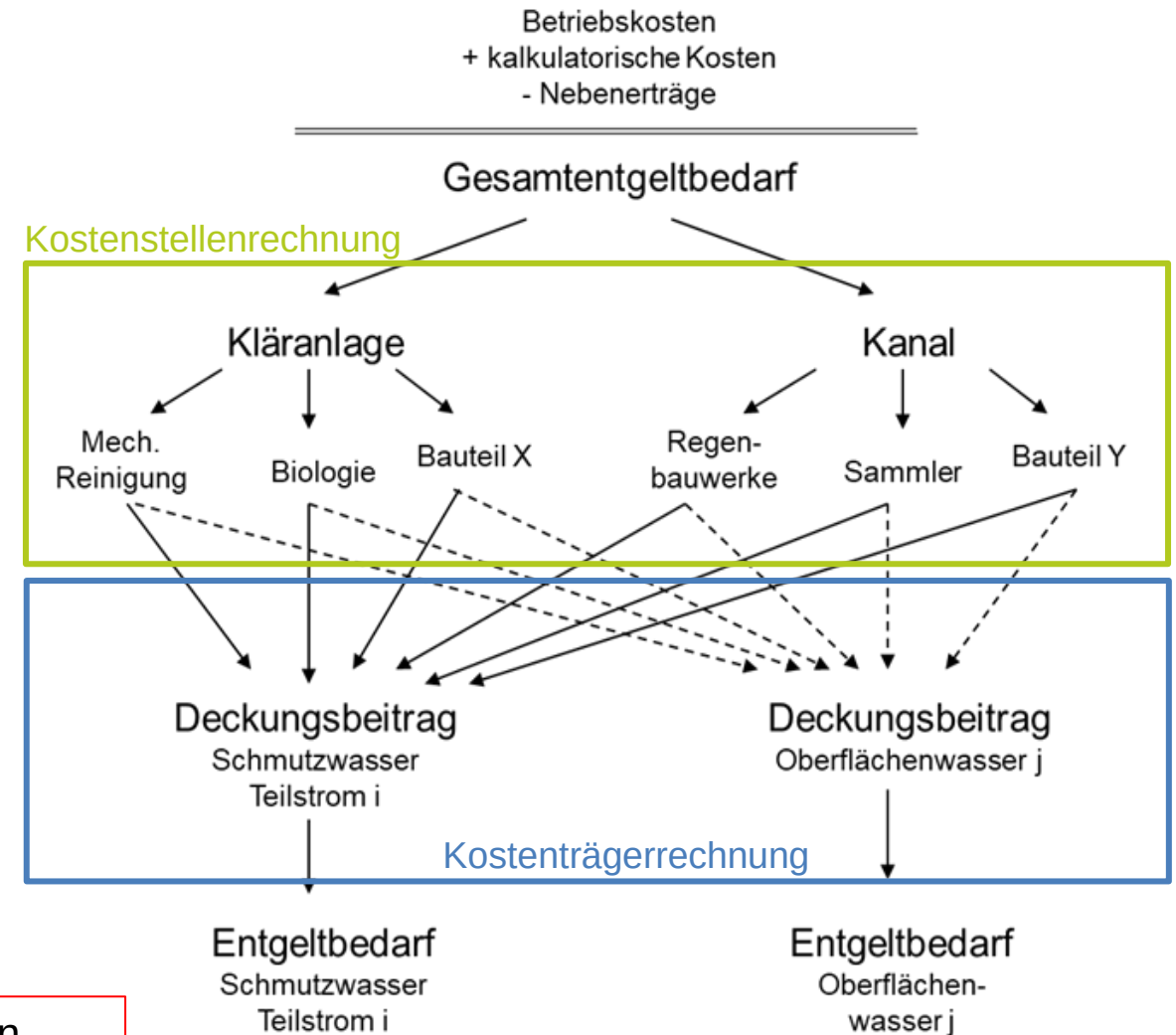


Vorteile eines Frachten-Entgeltmodells

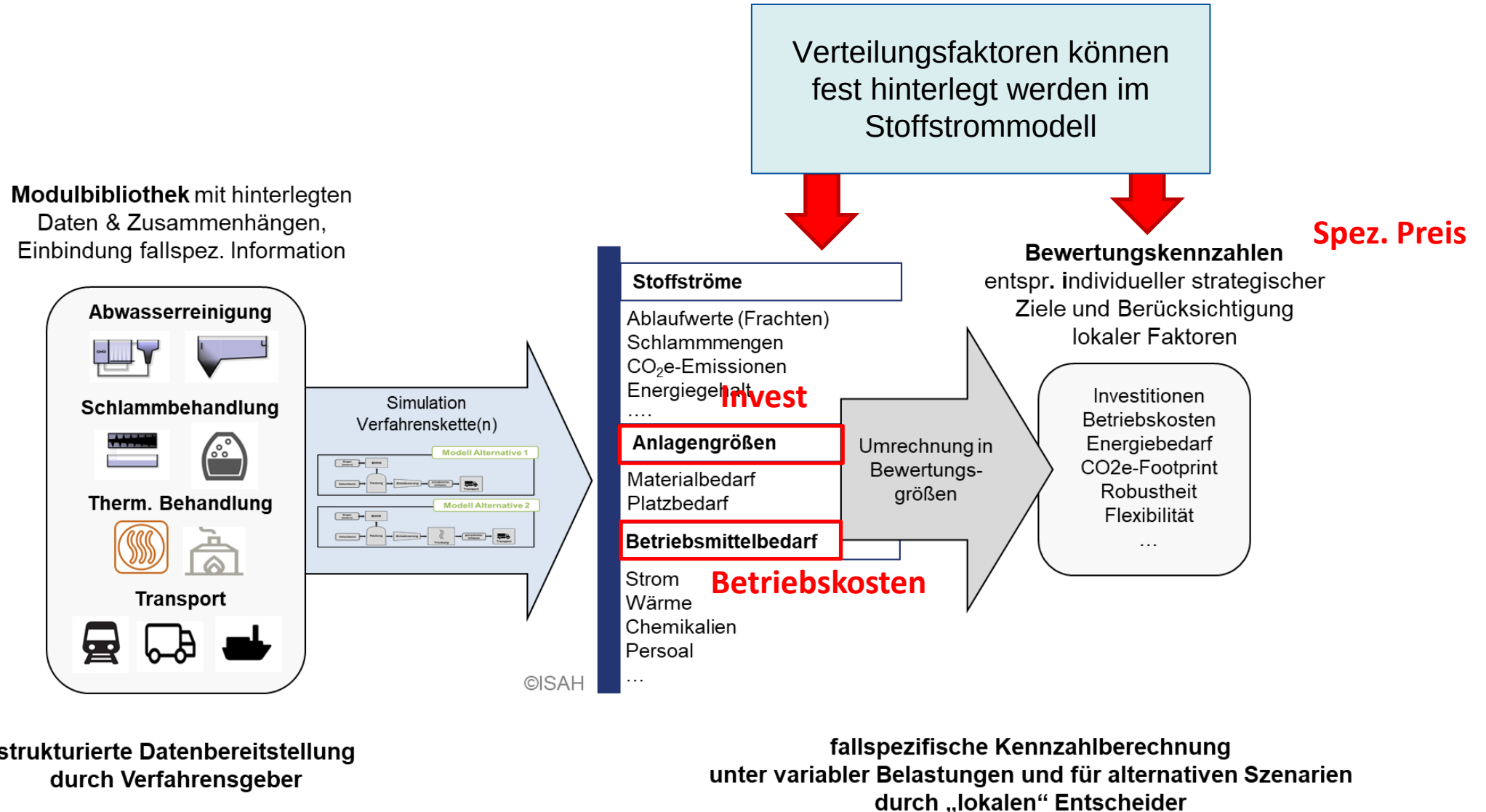
- Direkte Übernahme der aktuellen Kostendaten (wie Restbuchwerte, Verbräuche, etc.) möglich.
- „Automatische Zuordnung“ der Kostendaten zu den Kostenstellen, durch hinterlegte Zuordnung im Rechnungswesen
- Anlagenspezifische einmalige Aufstellung des Verteilungsschlüssels für die Kostenträger
- Änderungen der Prozesstechnik, Zulaufbedingungen, etc. einfache einzubinden, dadurch Reinigungspreise aktuell ermittelbar.
- Kenntnis über spezifischen Reinigungspreis nicht nur für Gebührenberechnung sinnvoll - weitgehende Synergien im Controlling

Im Vortrag nur die Verteilung der **direkten** Kosten „Sonstige Kosten“ (Personal, Wartung, Overhead...) können mit allg. Schlüssel zugeordnet werden

Basisinformation für Preisgestaltung - für den tatsächlichen „Preis“, wie bei Gebühr, zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen



Konzept modellgestützte Bewertung



Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert } bei abgebender
Biogasproduktion erhöht } Anlage

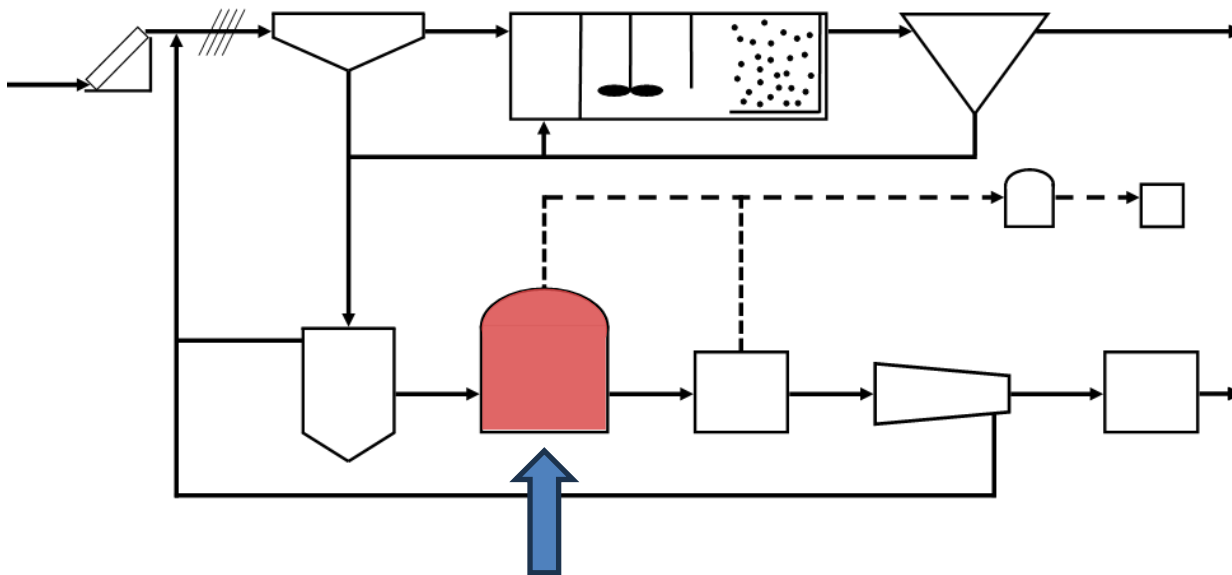
$oTR \rightarrow CSB_{abb} \rightarrow 350 \text{ l CH}_4/\text{kg CSB}$

CSB_{Schlamm}

Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität
Schlamm entsorgung
Rückbelastung

Invest $\xrightarrow{t_R}$ $Q_{\text{Schlamm}} \text{ (OS)}$
Über Bemessung



Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



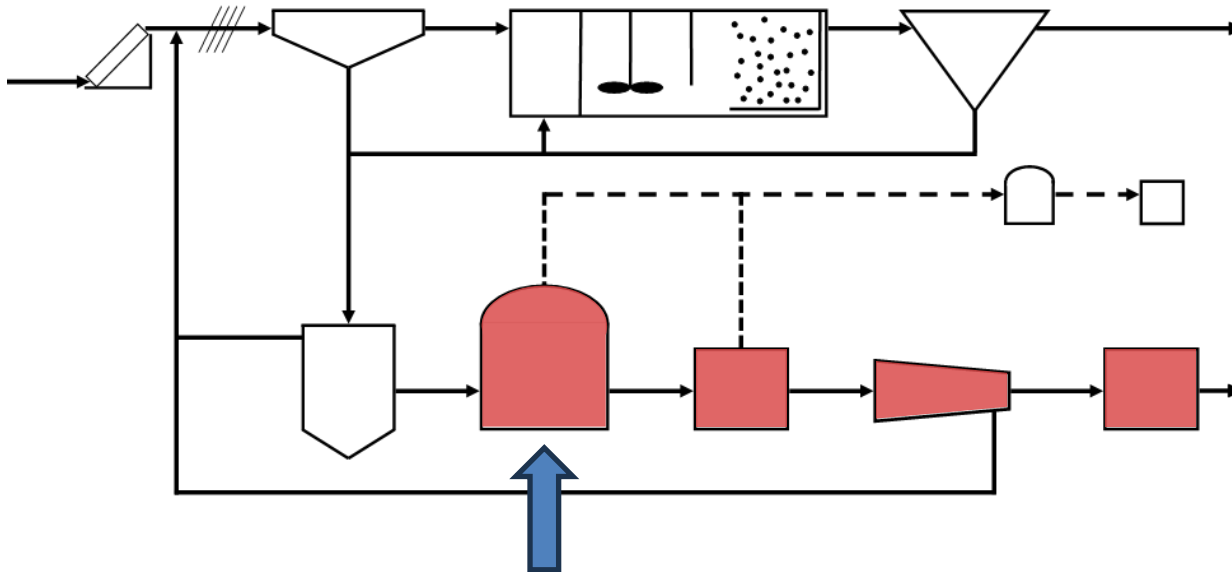
Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

bei abgebender Anlage

$oTR \rightarrow CSB_{abb} \rightarrow 350 \text{ l CH}_4/\text{kg CSB}$

$CSB_{Schlamm}$



Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung

Invest

Über Bemessung

t_R

$Q_{Schlamm} (OS)$

Invest + BK

$Q_{Schlamm} (OS)$



Stabilisierung

Eindickung

Entwässerung

Trocknung

Lagerung

Transport

Entsorgung

$Q_{Schlamm} (OS)$

Wassergehalt, oTS-Gehalt

$Q_{Schlamm} (OS)$

P-Gehalt...

Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



Nutzen

- Belebung kleiner
- Energiebedarf reduziert
- Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}

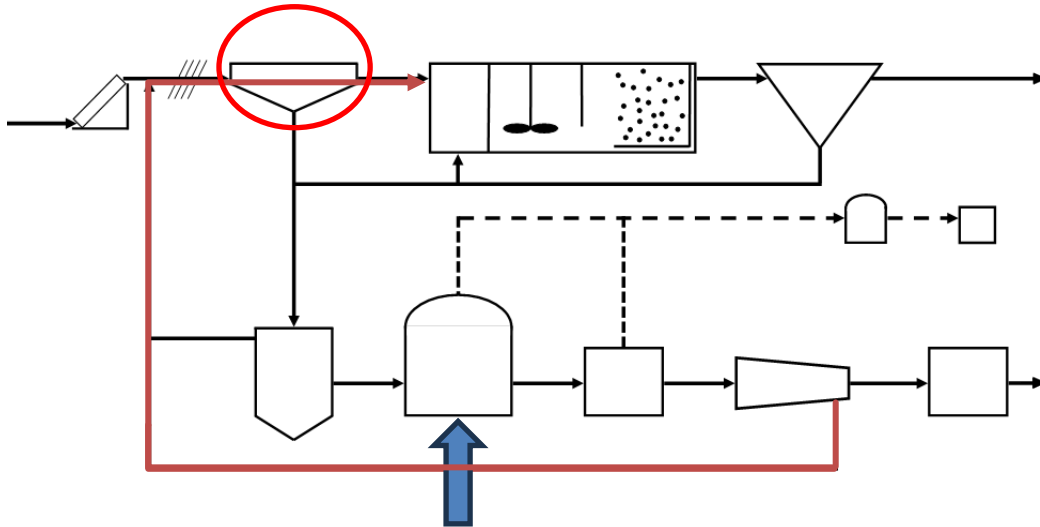
Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → Q_{Schlamm} (OS)

Schlamm Entsorgung
Rückbelastung → Invest + BK → Q_{Schlamm} (OS)

VK → Zugabepunkt

Q_{SW}



Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}

Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → Q_{Schlamm} (OS)

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung

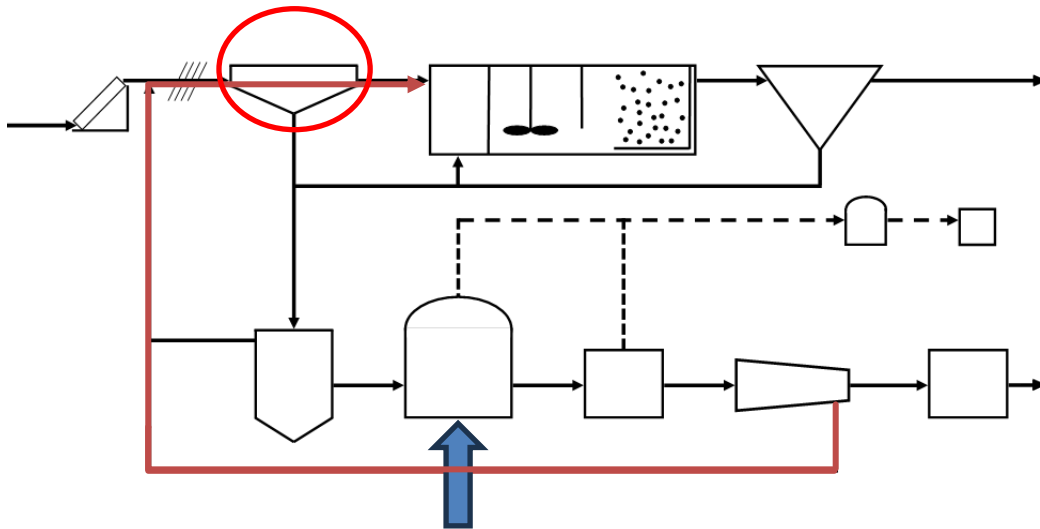
Invest + BK → Q_{Schlamm} (OS)

VK → Zugabepunkt

N

P

Q_{SW}



Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}

Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → Q_{Schlamm} (OS)

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung

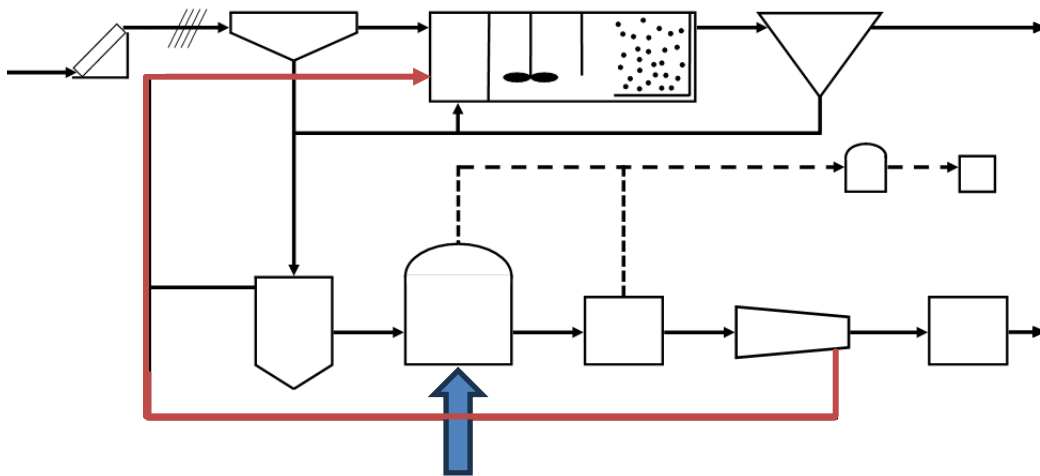
Invest + BK → Q_{Schlamm} (OS)

VK → Zugabepunkt

N

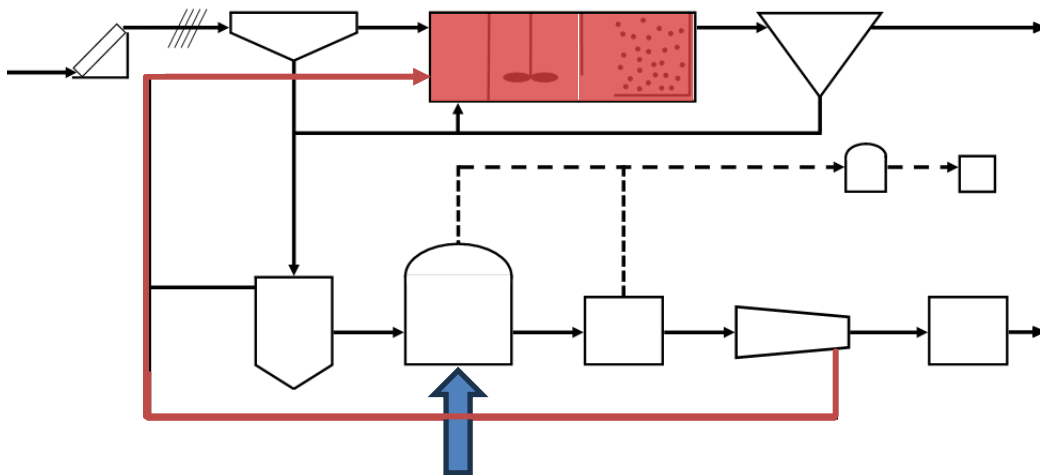
P

Q_{SW}



Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

CSB_{Schlamm}



Faulraumkapazität → Invest → Q_{Schlamm} (OS)
Schlamm Entsorgung

1. Belüftung
2. ggf. Deni → ggf. Schlamm
wenn extra CSB

Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen

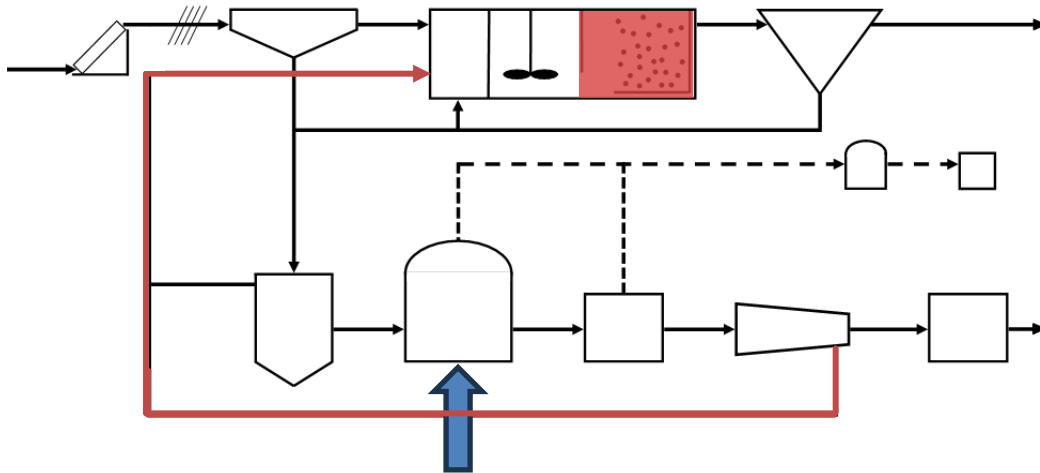


Nutzen

- Belebung kleiner
- Energiebedarf reduziert
- Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}



Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → $Q_{\text{Schlamm}} \text{ (OS)}$

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung

Invest + BK → $Q_{\text{Schlamm}} \text{ (OS)}$

N

1. Belüftung

2. ggf. Deni → ggf. Schlamm

wenn extra CSB

Wie hoch abhängig vom Verfahren

Hauptstrom
Belüftung

Denivolumen
Schlamm

CSBdosiert

Beckenvolumen !
tTS → CSB und P

N-Fracht

Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen

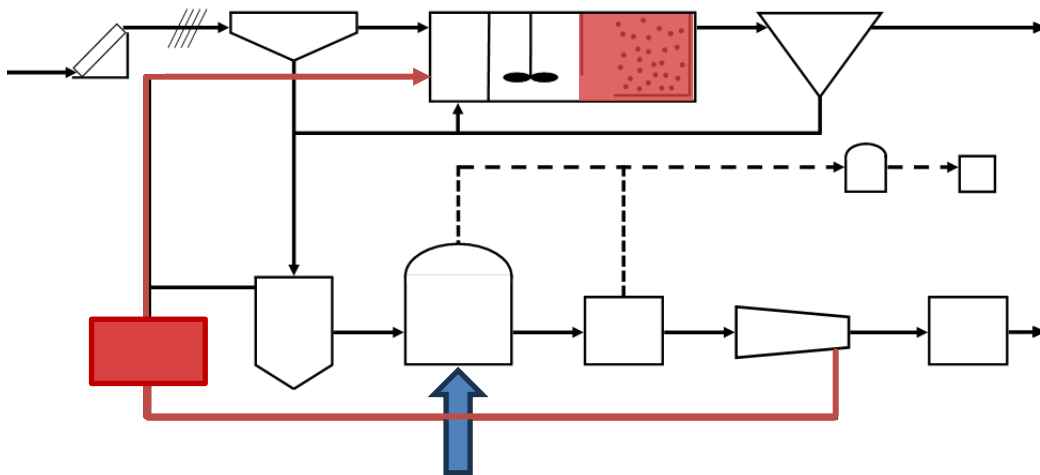


Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}



Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → $Q_{\text{Schlamm}} \text{ (OS)}$

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung → Invest + BK → $Q_{\text{Schlamm}} \text{ (OS)}$

N

1. Belüftung

2. ggf. Deni → ggf. Schlamm

wenn extra CSB

Wie hoch abhängig vom Verfahren

Teilstrom (Deammo)

50% O₂
Invest

Wie hoch abhängig vom Verfahren

CSTR

Beckenvolumen über HRT

SBR

Beckenvolumen über B_R oder B_{TS}

N

Q

Hauptstrom

Belüftung

Denivolumen
Schlamm

CSBdosiert

Beckenvolumen!
tTS → CSB und P

N-Fracht

Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen

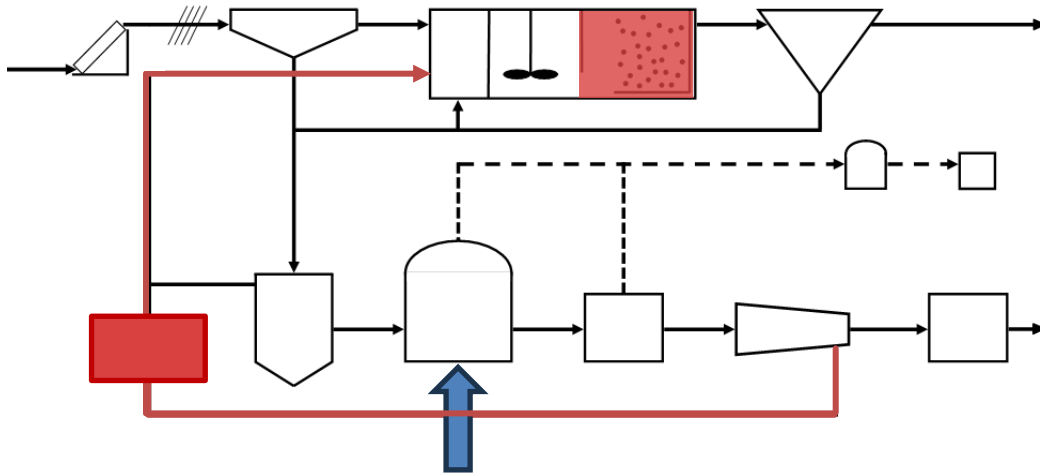


Nutzen

- Belebung kleiner
- Energiebedarf reduziert
- Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}



Kosten beim Dienstleister

Faulraumkapazität → Invest → Q_{Schlamm} (OS)

Schlamm Entsorgung

Rückbelastung

Invest + BK → Q_{Schlamm} (OS)

N

1. Belüftung

2. ggf. Deni → ggf. Schlamm

wenn extra CSB

Wie hoch abhängig vom Verfahren

Teilstrom (Deammo)

50% O₂
Invest

Wie hoch abhängig vom Verfahren

CSTR
Beckenvolumen über HRT

SBR

Beckenvolumen über B_R oder B_{TS}

N

SEHi
Alles klar!

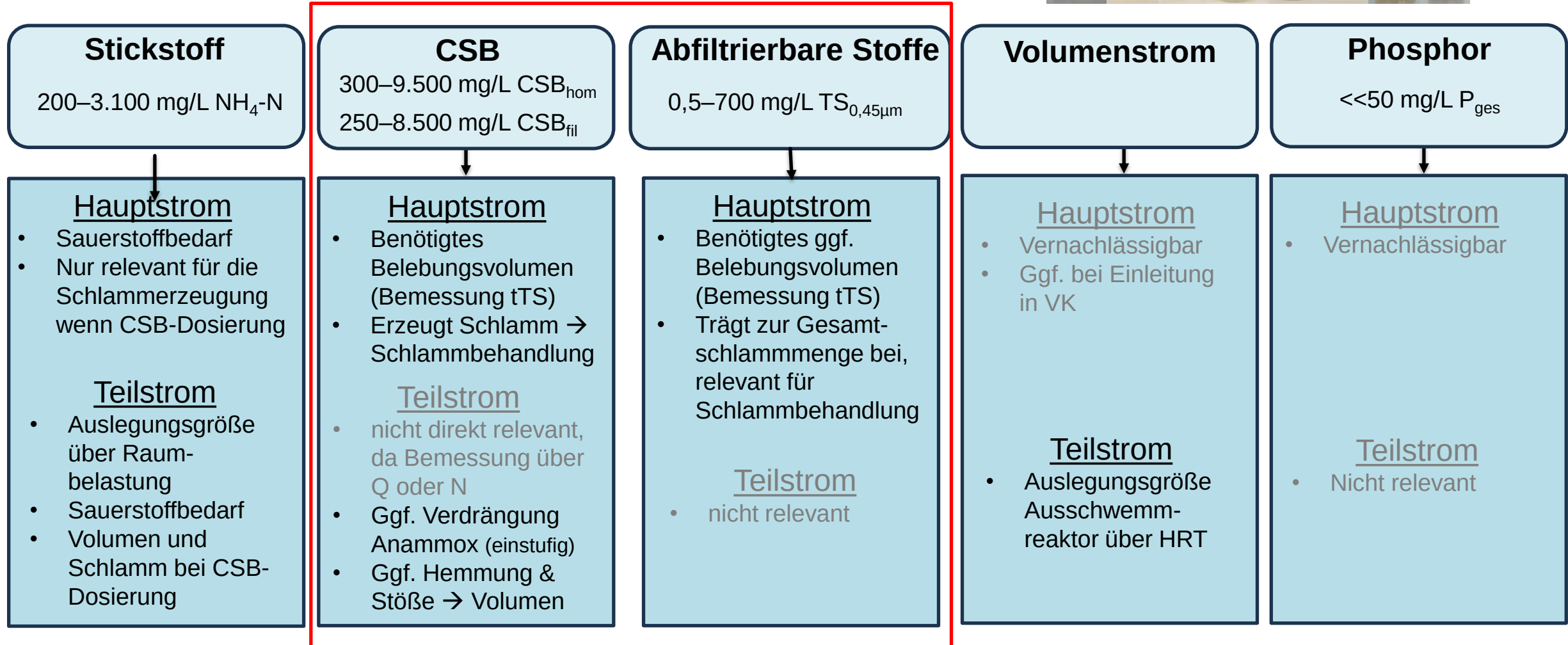
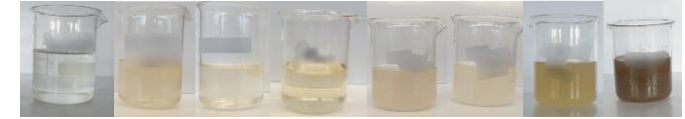
Zukünftig mit Brüden
+ Co-Substraten

Hauptstrom
Belüftung

N-Fracht

SEHi
Alles klar!

Nicht vergessen



Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen

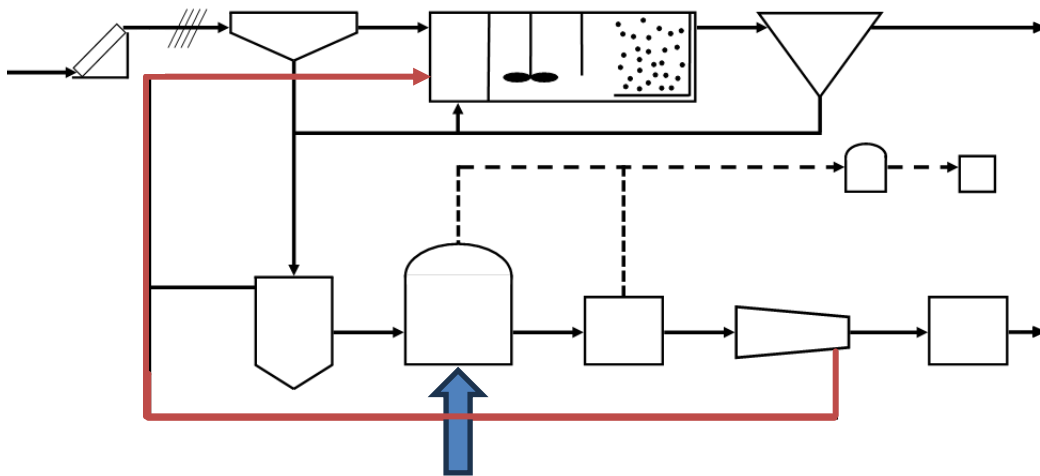


Nutzen

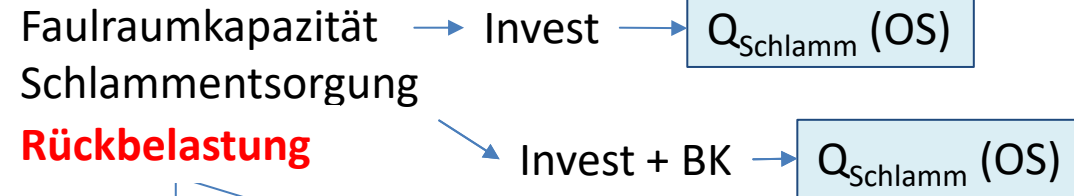
- Belebung kleiner
- Energiebedarf reduziert
- Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

CSB_{Schlamm}



Kosten beim Dienstleister



N Fracht

P_{ges}

$P_{min} + P_{phys.} + P_{lux}$

$P_{ges} - P_{phys}$

bei Fällung

keine zusätzlichen Kosten

durch ÜS
2% von oTS

Anteilig
P-Eliminationskosten

$P_{ges} - P_{phys}$

Zu 100% ansetzen

bei Bio-P

Kostenermittlung anaerobe Stabilisierung von Fremdschlämmen



Nutzen

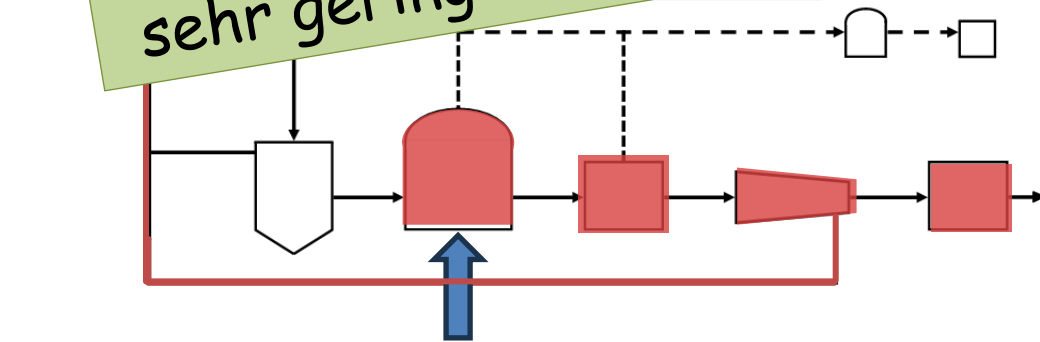
- Belebung kleiner
- Energiebedarf reduziert
- Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

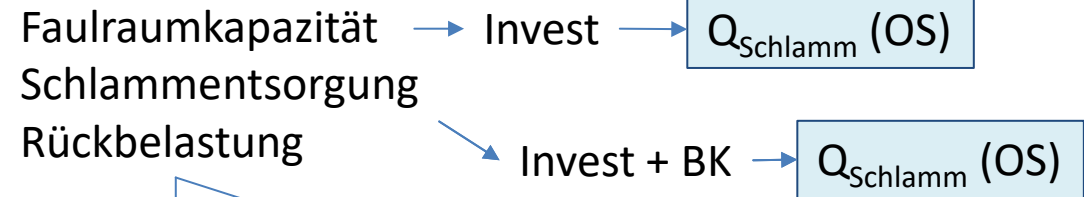
CSB_{Schlamm}

Invest zu berücksichtigen
wegen zusätzlichem Schlamm
und Bemessung

vernachlässigbar bei Pattensen
sehr geringer Anteil < 1% an $P_{ges, Zulauf}$



Kosten beim Dienstleister



N

P_{ges}

$$= P_{min} + P_{phys.} + \cancel{P_{flux}}$$



3,7% Anteil an
P-Rückbelastung

$P_{ges} - P_{phys}$

bei Fällung

keine zusätzlichen
Kosten

durch ÜS
2% von oTS

oTS

Messgröße
für Teilstrom

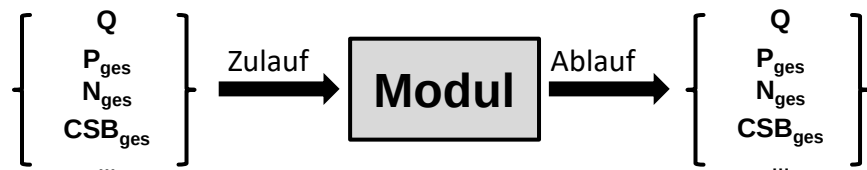
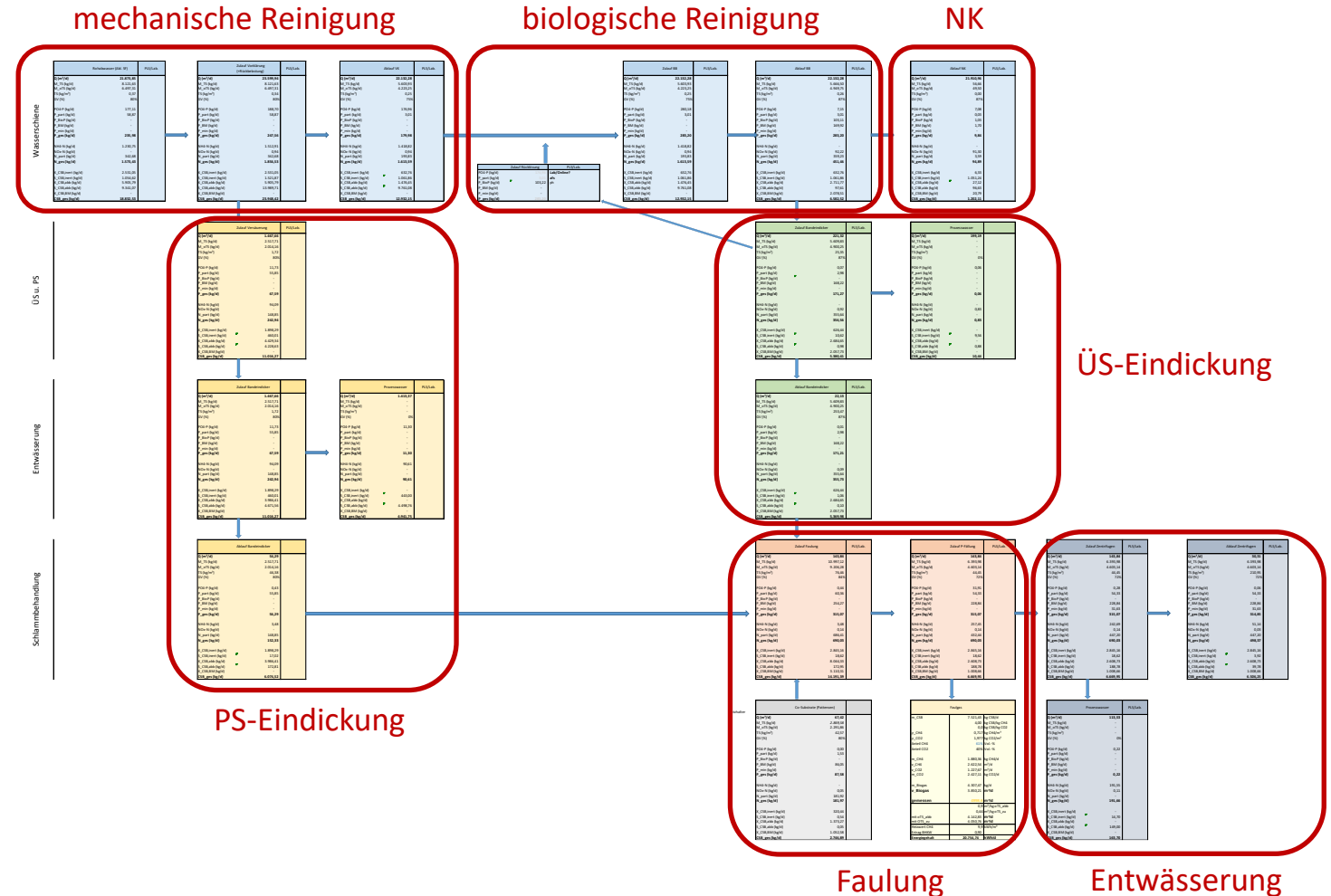
Anteilig
P-Eliminationskosten

Bilanzmodell als Basis der Entgeltberechnung



Digitaler Stoffstromzwilling:

- Frachten an jedem Referenzpunkt der Kostenstellen verfügbar zu jedem Zeitpunkt:
- kalibriertes Bilanzmodell, z.B. Excel

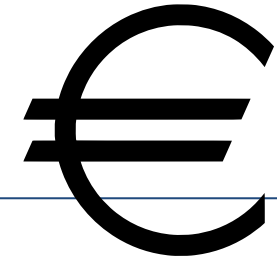


Nutzen

Belebung kleiner
Energiebedarf reduziert
Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB

Wert ist genauso wie die Aufwände
anlagenspezifisch zu monetarisieren



Parameter	Wert
Q (m ³ /a)	5431
oTS (t/a)	217
TS (t/a)	271,5
CSB (t/a)	260
N _{ges} (t/a)	17,3
P _{ges} (t/a)	8,2

ÜSS aus Pattensen

CSB_{Schlamm}

350 l Methan/kg CSB

5,8 % von
Gesamtgasertrag
der Kläranlage

CH₄ Ertrag:
91.000 m³/a

Verkauf von
Biogas?

Heizwert:
9,9 kWh/m³

Pot. Energie

900.900
kWh/a

η_{el} BHKW:
38%

Elektrische
Energie

342.342
kWh/a

Strompreis:
? €/kWh

? €/a Nutzen



Kostenermittlung Annahme Cosubstrate

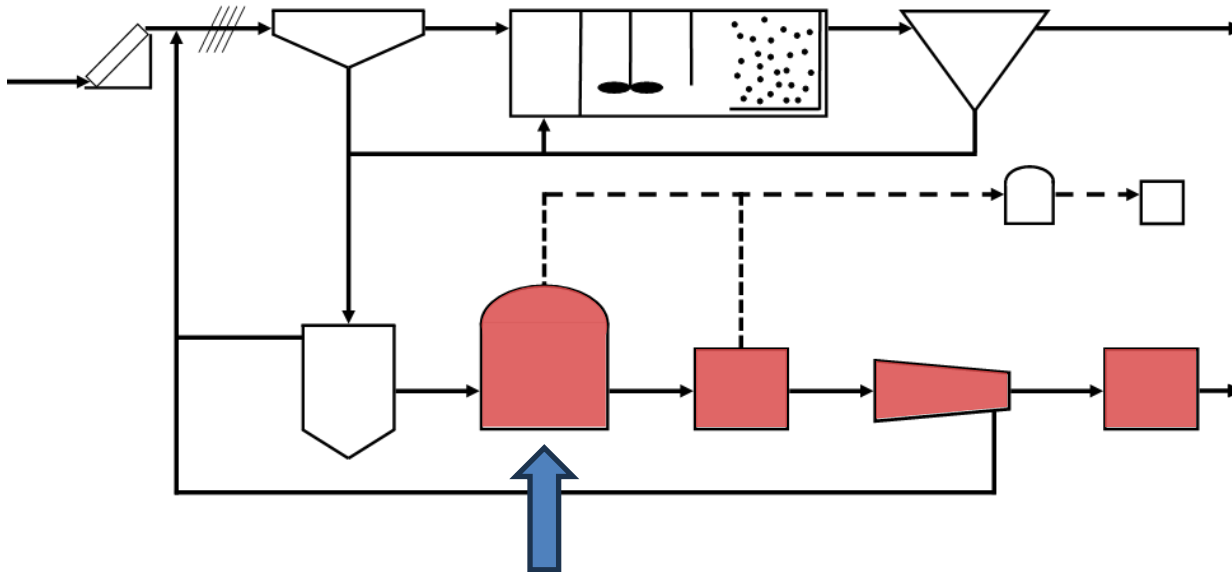
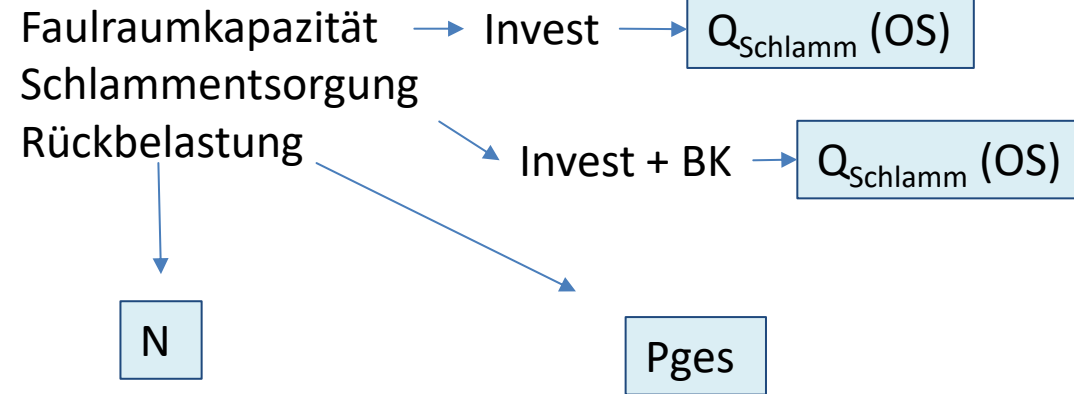
Nutzen

Reststoffentsorgung
Biogasproduktion erhöht

oTR → CSB → 350 l CH₄/kg CSB €

CSB_{Co-Substrat}

Kosten beim Dienstleister



Am Beispiel von Marmelade
CSB: 1.200 kg/a
Produktion: ca. 8.240 m³/a
Strenzielle Wert aus der Verstromung: 9.900 €/a

Lohnt sich eine Annahme oder muss sie bezahlt werden

- Der digitale Stoffstromzwilling ermöglicht eine einfache verursachergerechte Kostenkalkulation
- Durch die fest hinterlegte Aufteilung im Modell, liefert er damit die für die Entgeltfestlegung notwendige Information aktuell und automatisiert aus den vorhandenen Kosten- und Prozessdaten
- Hierdurch können auch kostenrelevante Schwankungen an Menge und Qualität angenommener Teilström berücksichtigt bei der Prozesskostenrechnung berücksichtigt werden
- Verfahrensanpassungen oder veränderte Zulauf- und Betriebsbedingungen sind mit der kontinuierlichen Aktualisierung des Stoffstrom-Zwillings (als Betriebsunterstützung-Tool) direkt mit berücksichtigt bei der Preisermittlung.



Vertraglich ist die Empfehlung: keine festen Faktoren sondern Kostenträgerzuordnung und zu berücksichtigenden Kostenstellen vereinbaren

- Für zu erhebenden Abgabepreise z.B. für Wärme (KNRN) im Rahmen der regionalen Einbindung ist der gleiche Zwilling anwendbar (erweitertes Energiemodell in SATELLITE)

Vorgehen und in SATELLITE erarbeitete **Arbeitshilfe** (Modulbibliothek)

DWA-RePhoR-Webinar am 19.5.2026

„Praktische Demonstration des Planungstools OptiNETZ“ und „Beispiel aus der Anwendung im Projekt SATELLITE - Fokus Energie“

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit



<https://satellite-rephor.de/>



Kontakt: Projektkoordination und wiss. Leitung
Dr.-Ing. Maïke Beier, Welfengarten 1, 30167 Hannover
beier@isah.uni-hannover.de, Tel.: 0511 762-2898

