



Satellite

Transfer-Workshop „ISAH-Modul-Bibliothek“

04.März 2024, 9:00 – 11:00, Online

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Begrüßung + Vorstellung



Block 1:

- 09:20 Erläuterung der Methodik
- 09:35 Einsatz der Modulbibliothek und Zugriff
- 09:50 Diskussion zur Methodik

Block 2: Wie werden Steckbriefe erstellt

- 10:00 Modulaufbau, Steckbrieferstellung + Beispiele
- 10:20 Zitation und Lizenzierung
- 10:30 Diskussion Verfahrensgeber
(Fragen zum Vorgehen, weiteres Vorgehen)



Projektziel: Entscheidungsunterstützung Strategieentwicklung

Methodik: modellgestützte Szenarienanalyse

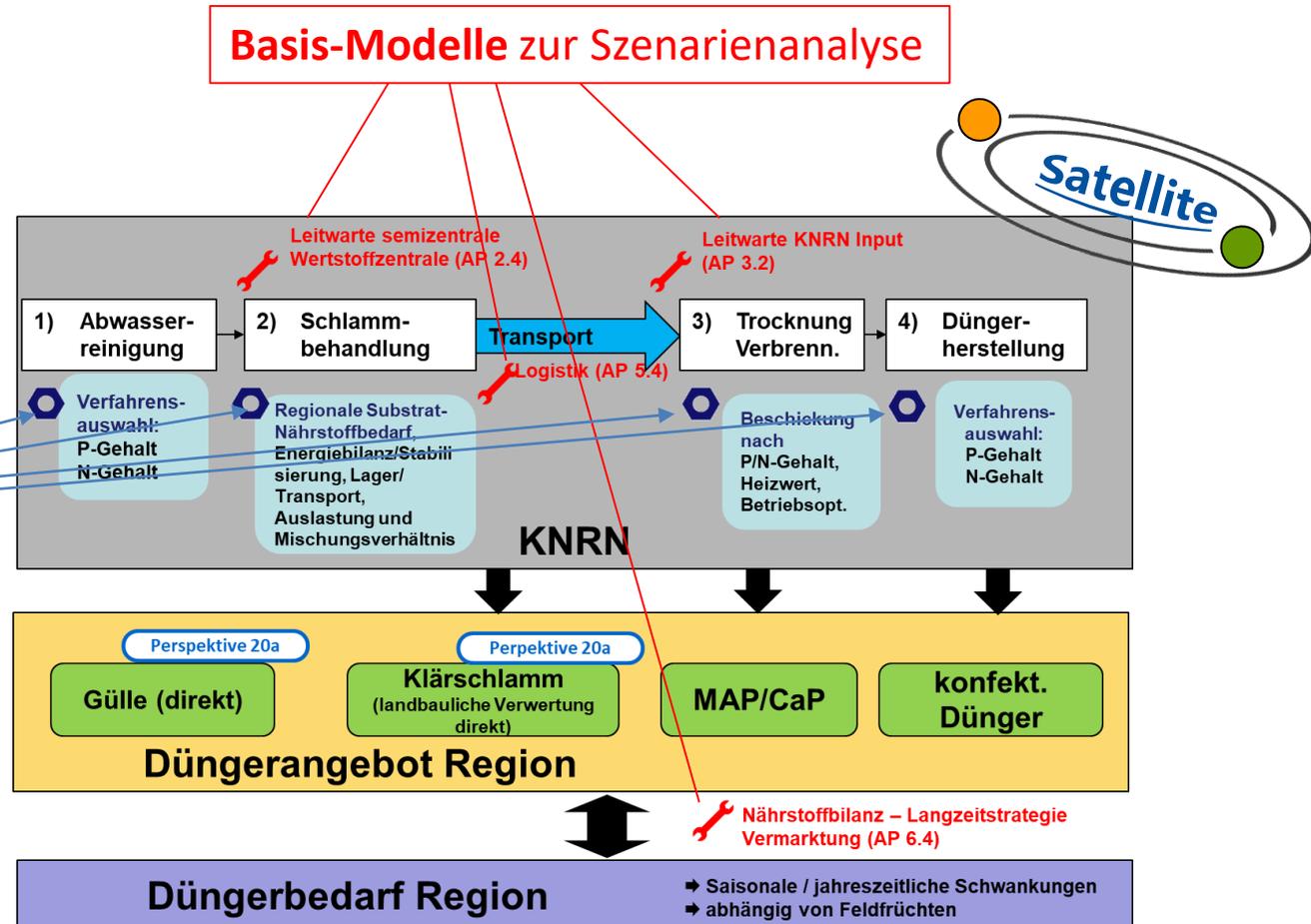


Erweiterung Modulbibliothek

Verfahrensmodule
der relevanten Prozess-
schritte zur Abbildung der
verschiedenen
Verfahrensausprägungen

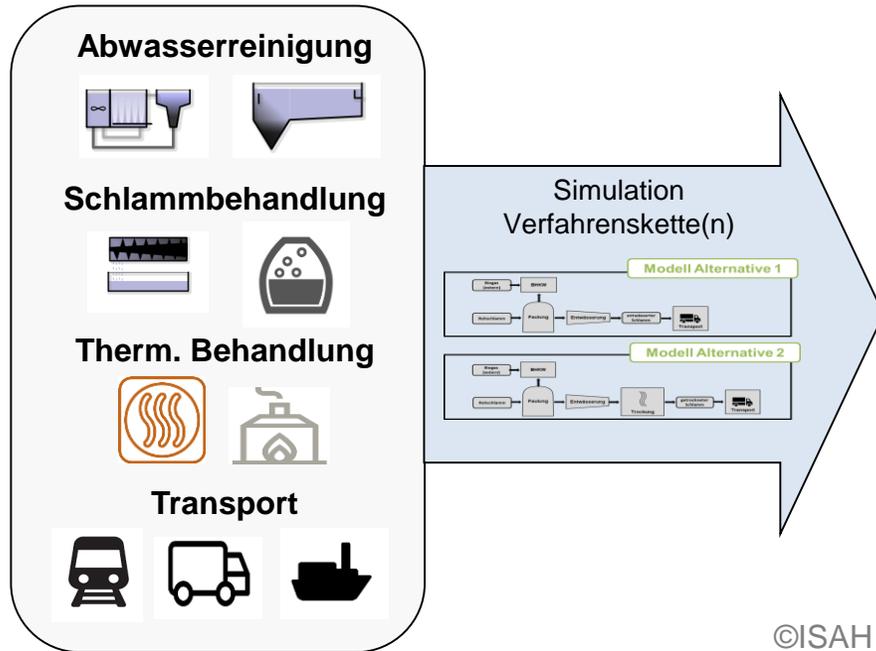
Prozessketten zur Bilanzierung
relevanter Bewertungsgrößen

Basis-Modelle zur Szenarienanalyse



Konzept modellgestützte Bewertung

Modulbibliothek mit hinterlegten
Daten & Zusammenhängen,
Einbindung fallspez. Information



Stoffströme

Ablaufwerte (Frachten)
Schlammengen
CO₂e-Emissionen
Energiegehalt
....

Anlagengrößen

Materialbedarf
Platzbedarf

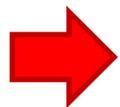
Betriebsmittelbedarf

Strom
Wärme
Chemikalien
Persoal
....

Umrechnung in
Bewertungs-
größen

Bewertungskennzahlen
entspr. individueller strategischer
Ziele und Berücksichtigung
lokaler Faktoren

Investitionen
Betriebskosten
Energiebedarf
CO₂e-Footprint
Robustheit
Flexibilität
...



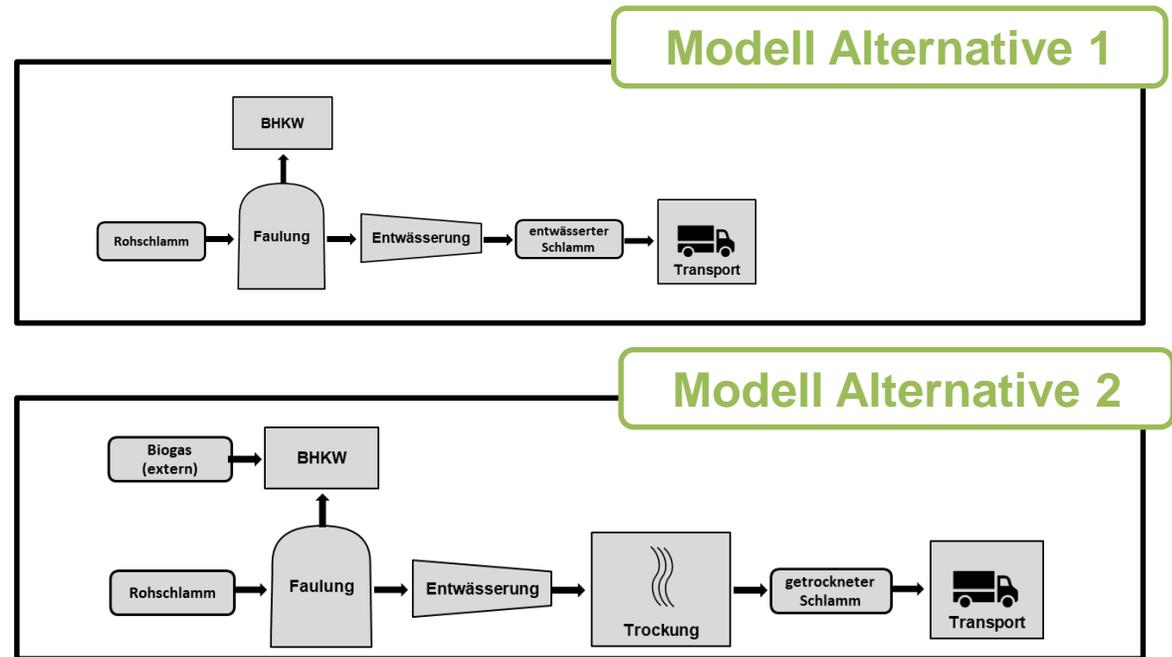
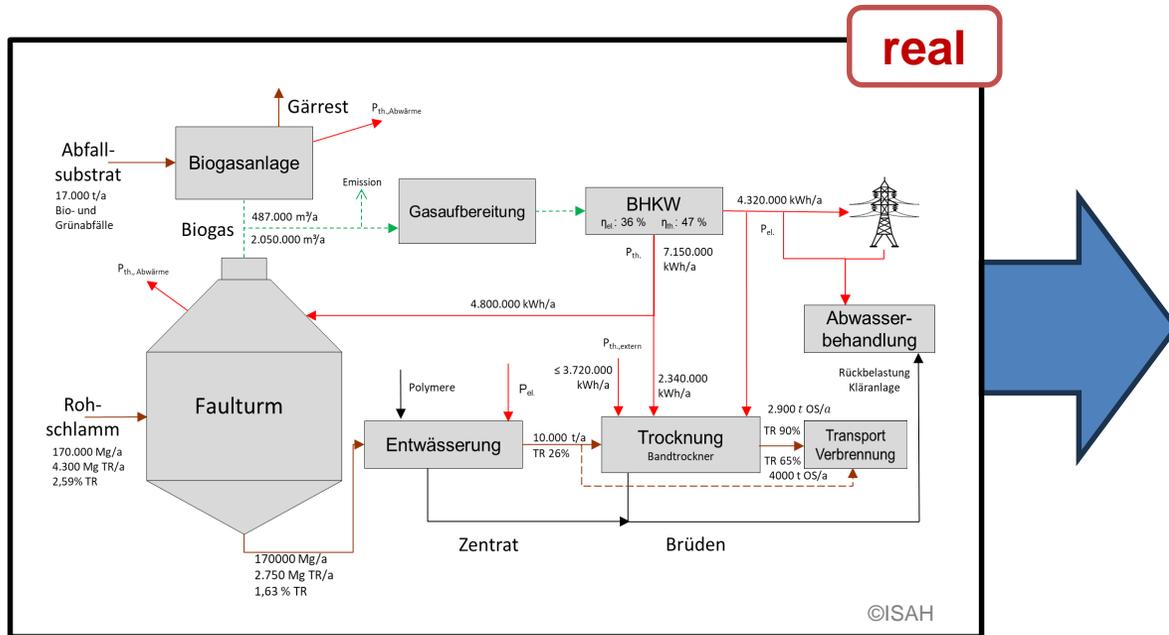
strukturierte Datenbereitstellung
durch Verfahrensgeber

fallspezifische Kennzahlberechnung
unter variabler Belastungen und für alternativen Szenarien
durch „lokalen“ Entscheider

Konzept modellgestützte Bewertung

durch Modulbibliothek:

- Vollständige Abbildung der Verfahrensketten erleichtert → Identifizierung von „Nebeneffekten“
- Berücksichtigung von „unbekannten“ innovativen Verfahren (Übersicht Verfahrensalternativen)



durch Modellansatz:

- Strategie-Kontrolle einfach möglich (Veränderung Rahmenbdg., neue Techniken...) agiler Prozess

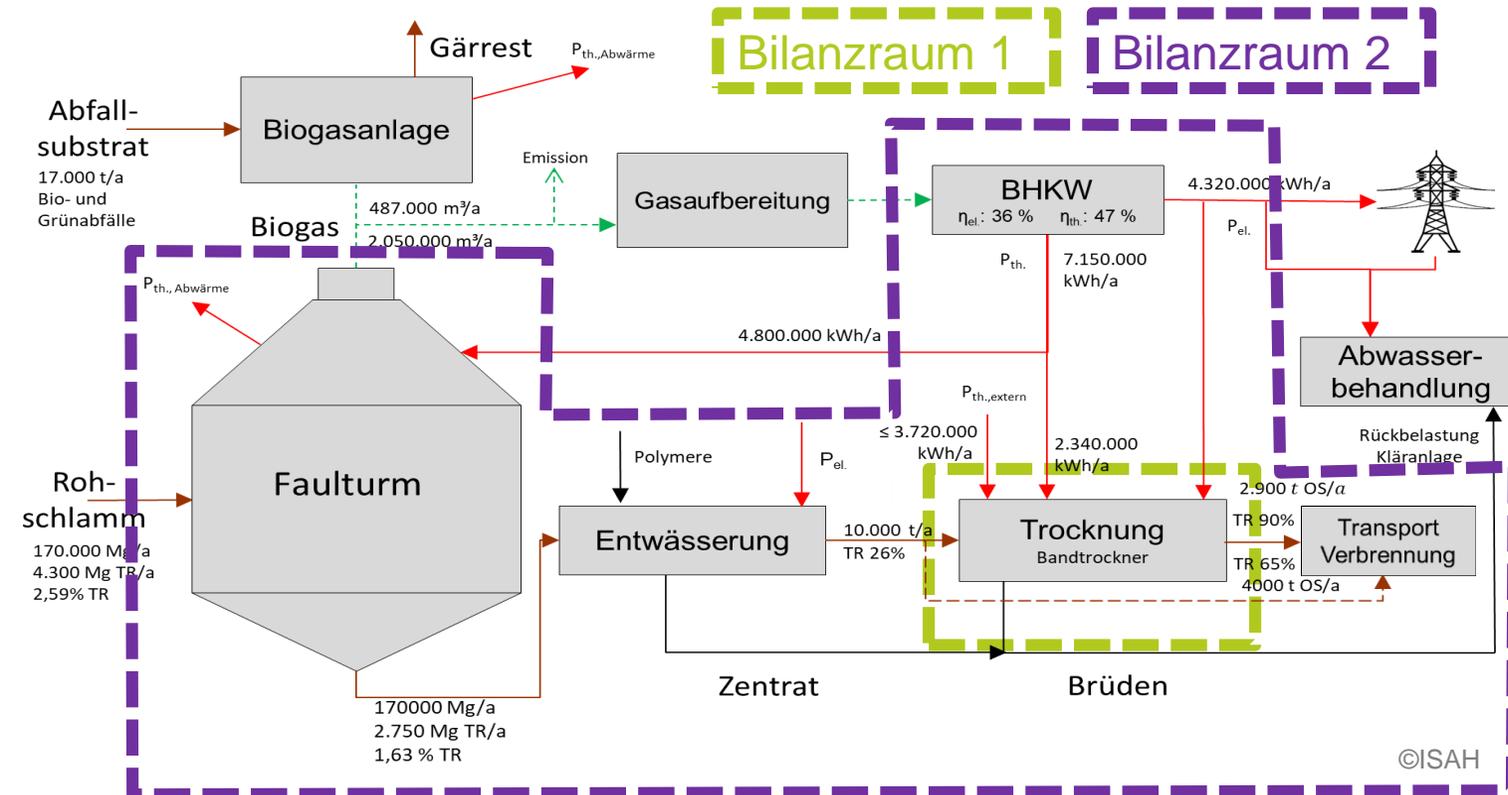
Ablauf

Modell-
bildung

Bilanzierung

Bewertung
und
Auswahl

Prozessketten und Szenarien



Wahl des Bilanzraums

Ergebnis abhängig von der Wahl der Bilanzgrenzen!

Rückkopplung zur Zielsetzung:
→ Wahl des Bilanzraums zugeschnitten auf Fragestellung!

Ablauf

Modellbildung

Bilanzierung

Bewertung und Auswahl

Stoffströme und Massenermittlung

Bilanzierungsgrößen

Rohschlamm

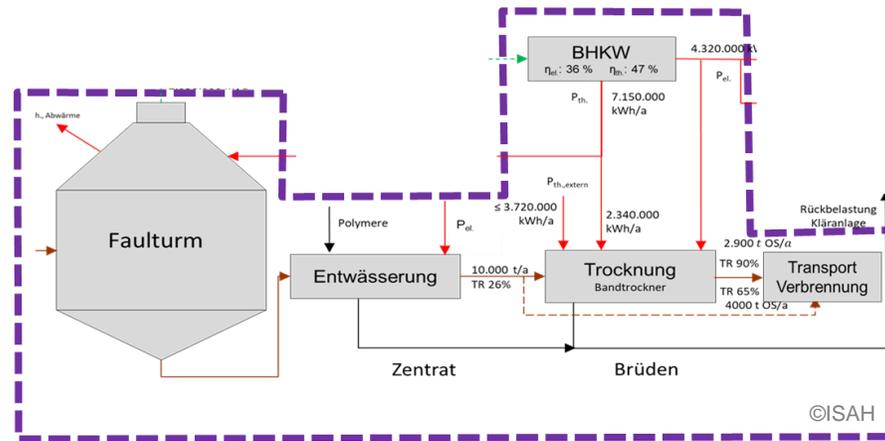
Polymere

Biogas (extern)

Treibstoff (Diesel)

ggf. Wärme (extern)

Schlammbehandlung mit Klärschlamm-trocknung



Getrockneter KS

Brüden

Zentrat

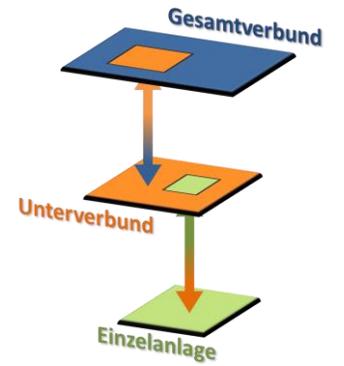
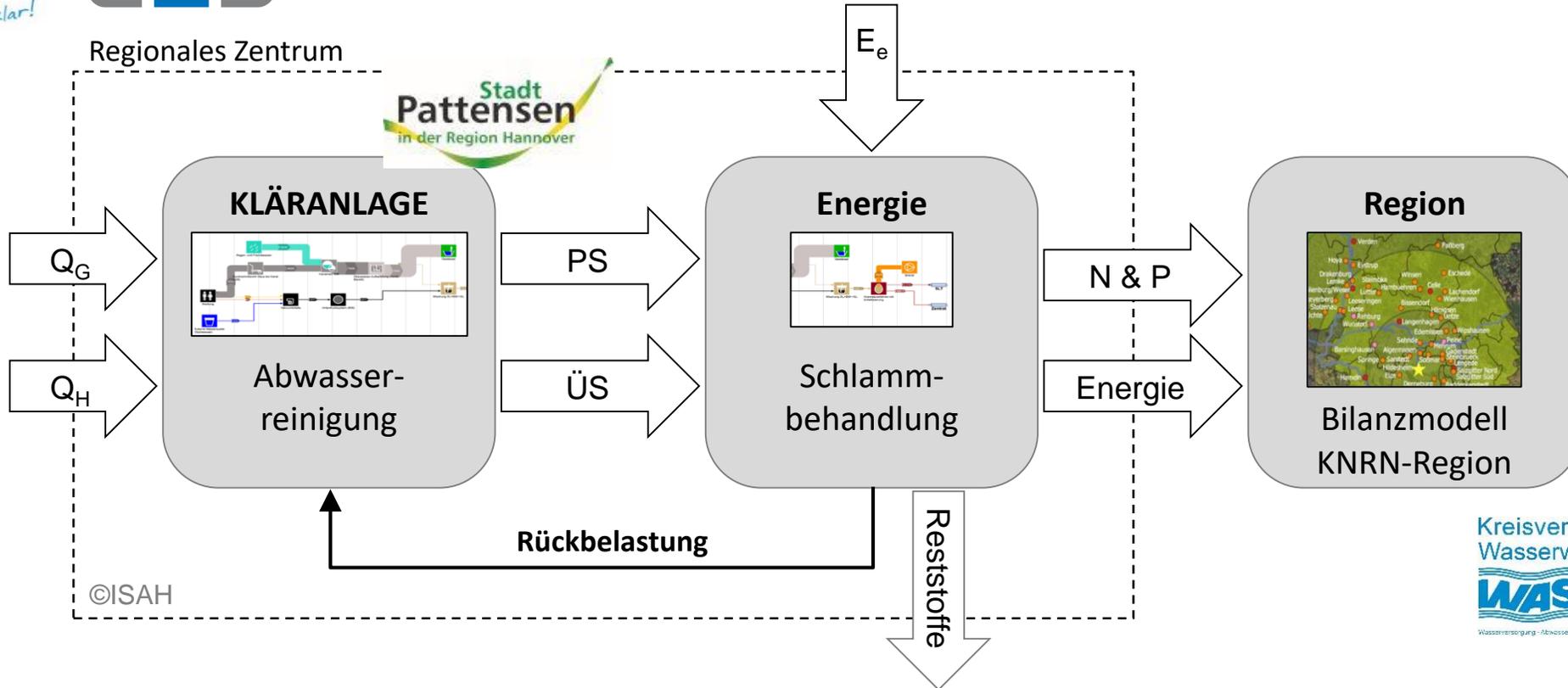
el. Energie

Hier erforderlich:
→ Massenbilanz
→ Energiebilanz

Teilschritte des Bilanzmodells



Regionales Zentrum



Q_G : gewerbliches Abwasser, Q_H : häusliches Abwasser, E_e : externe Energiequellen

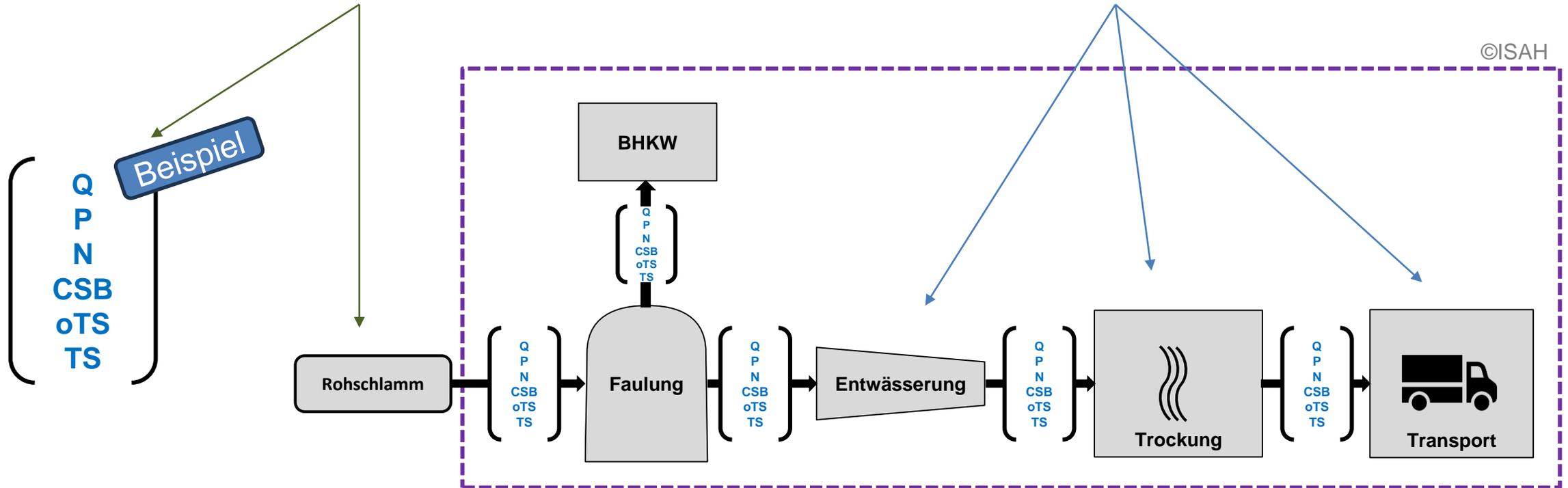


Aufstellen der Prozessketten

→ Kopplung der Verfahrensschritte (Module) über einheitlichen Basisvektor

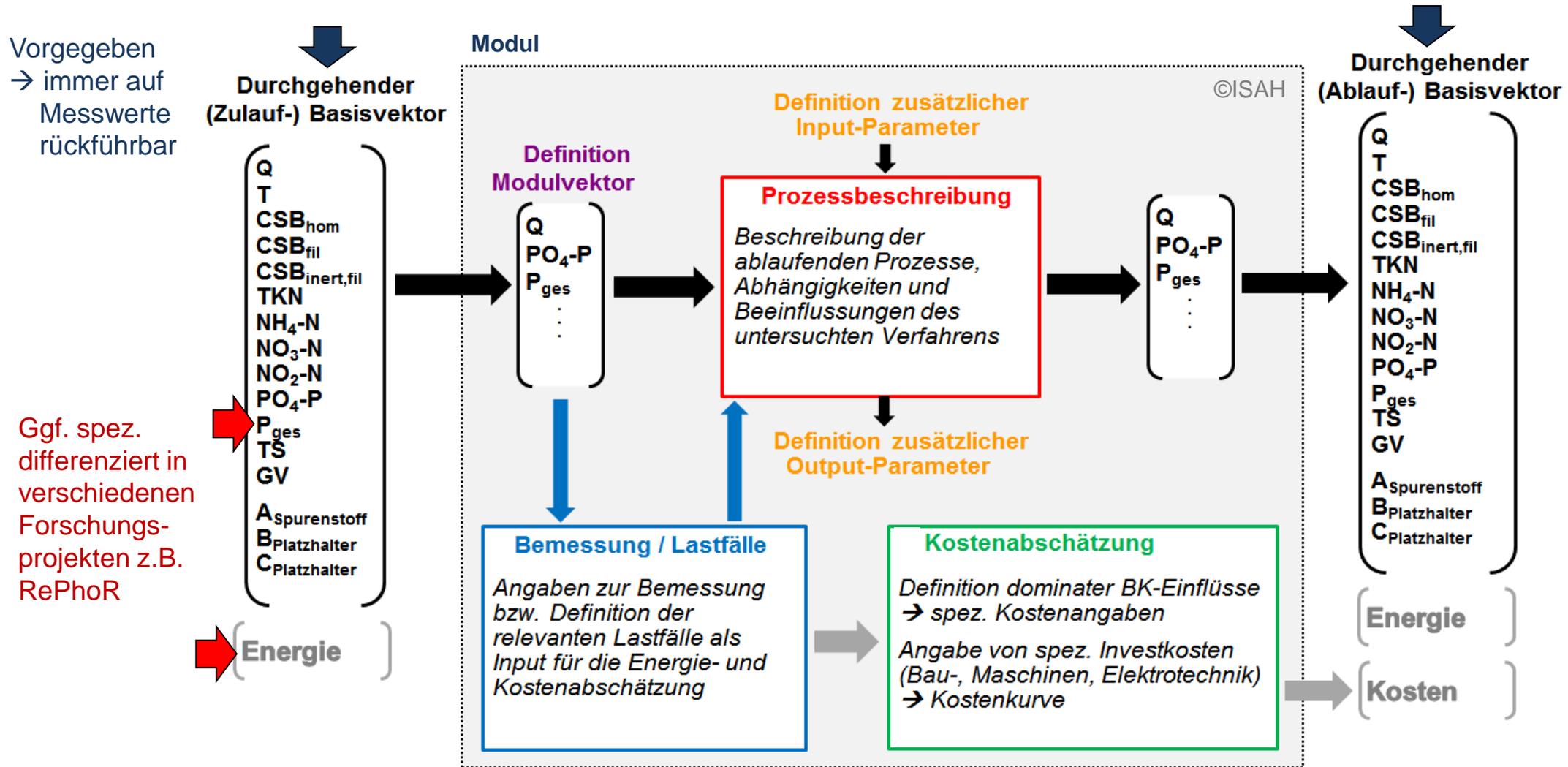
auch der Vorketten

Alternative Verfahrensausprägungen möglich



...ein **Modul** beschreibt dabei die Veränderung der Stoffgrößen unter Bereitstellung einer spez. Aggregatkonfiguration mit den zugehörigen Verbräuchen und Emissionen

Modellkonzept = über Basisvektor gekoppelte Module



Modellkonzept = über Basisvektor gekoppelte Module

Funktionale Zusammenhänge (Bemessung/Betrieb)

Modul

Durchgehender (Zulauf-) Basisvektor

- Q
- T
- CSB_{hom}
- CSB_{fil}
- CSB_{inert,fil}
- TKN
- NH₄-N
- NO₃-N
- NO₂-N
- PO₄-P
- P_{ges}
- TS
- GV
- A_{Spurenstoff}
- B_{Platzhalter}
- C_{Platzhalter}

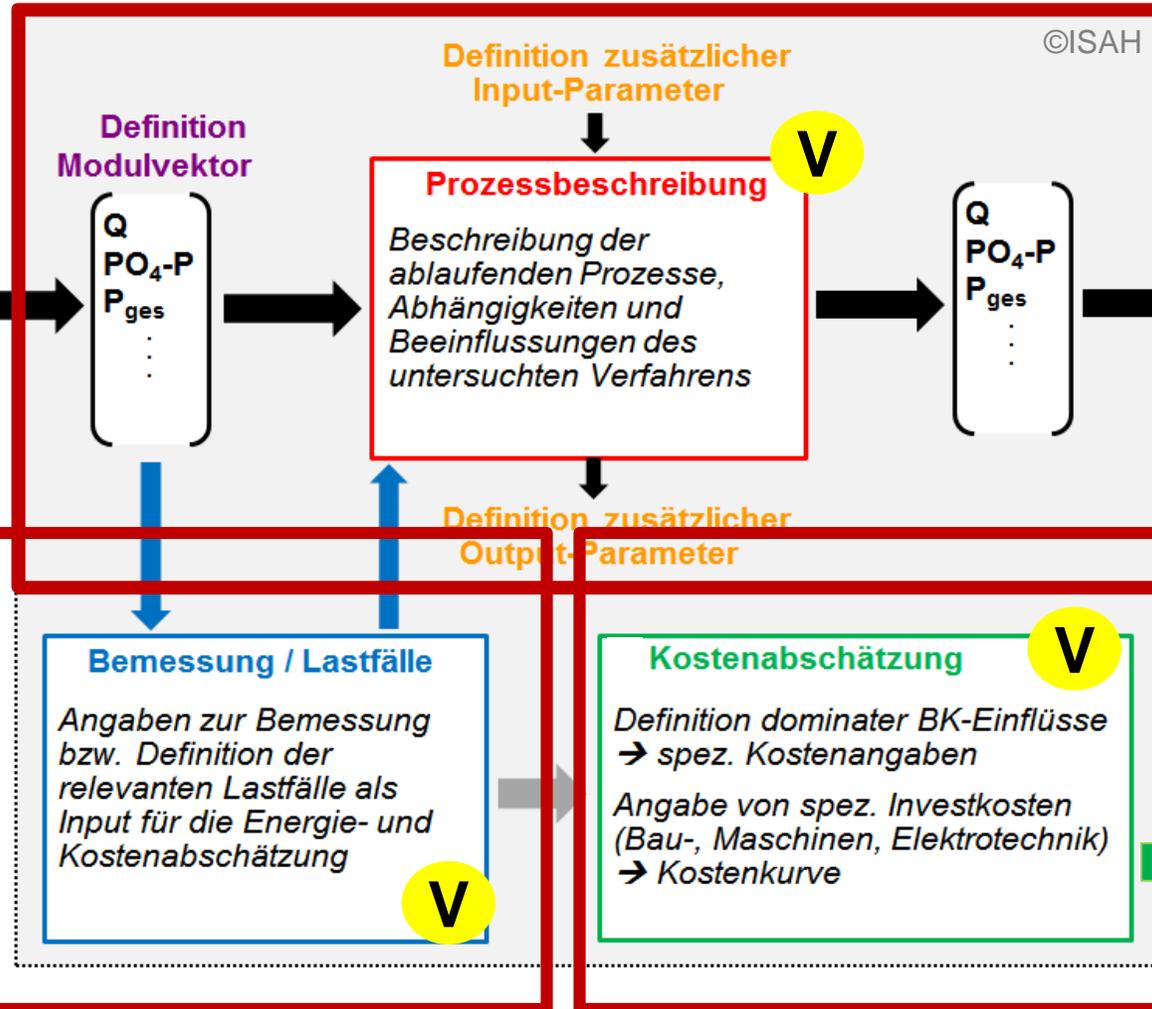
2

Berechnung der Stoffströme im Betrieb

- Zulaufbelastung nachfolgender Stufen
- Verbräuche und Emissionen

Bemessung der Verfahrensstufe
 → Investition
 → Konfiguration für Betrieb

1



Durchgehender (Ablauf-) Basisvektor

- Q
- T
- CSB_{hom}
- CSB_{fil}
- CSB_{inert,fil}
- TKN
- NH₄-N
- NO₃-N
- NO₂-N
- PO₄-P
- P_{ges}
- TS
- GV
- A_{Spurenstoff}
- B_{Platzhalter}
- C_{Platzhalter}

Energie

Kosten

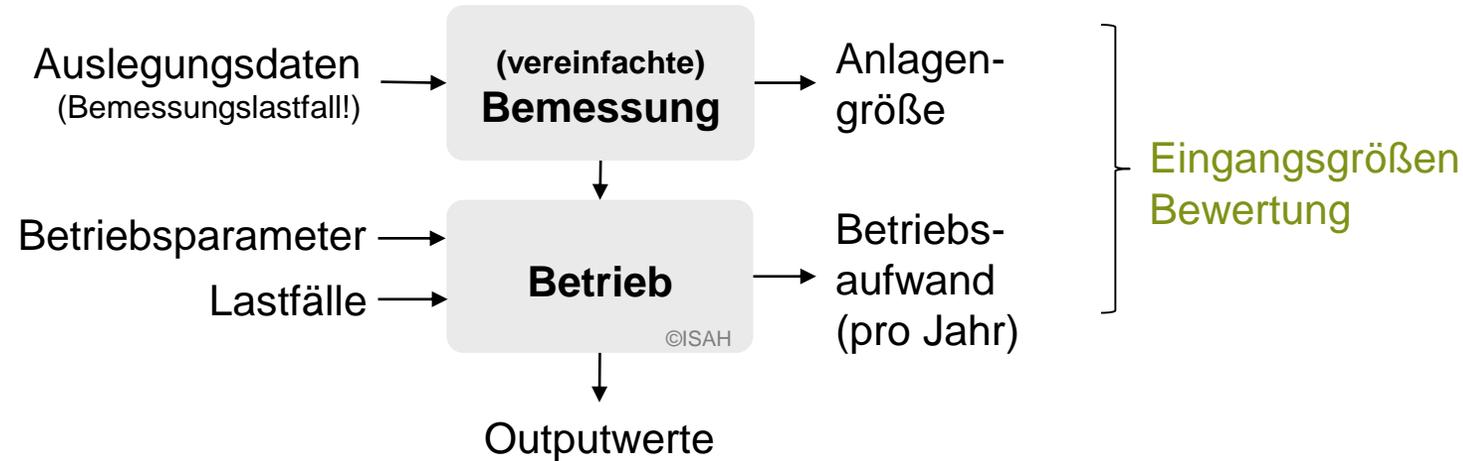
3

Berechnung der Bewertungskennzahlen mit spez. Ansätzen

- Aggregation zu Variantenvergleichswerten
- z.B. kWh/kg
- P_{rez} JK, CO₂e

©ISAH

Aufbau Verfahrensmodule



verfahrensspezifisch

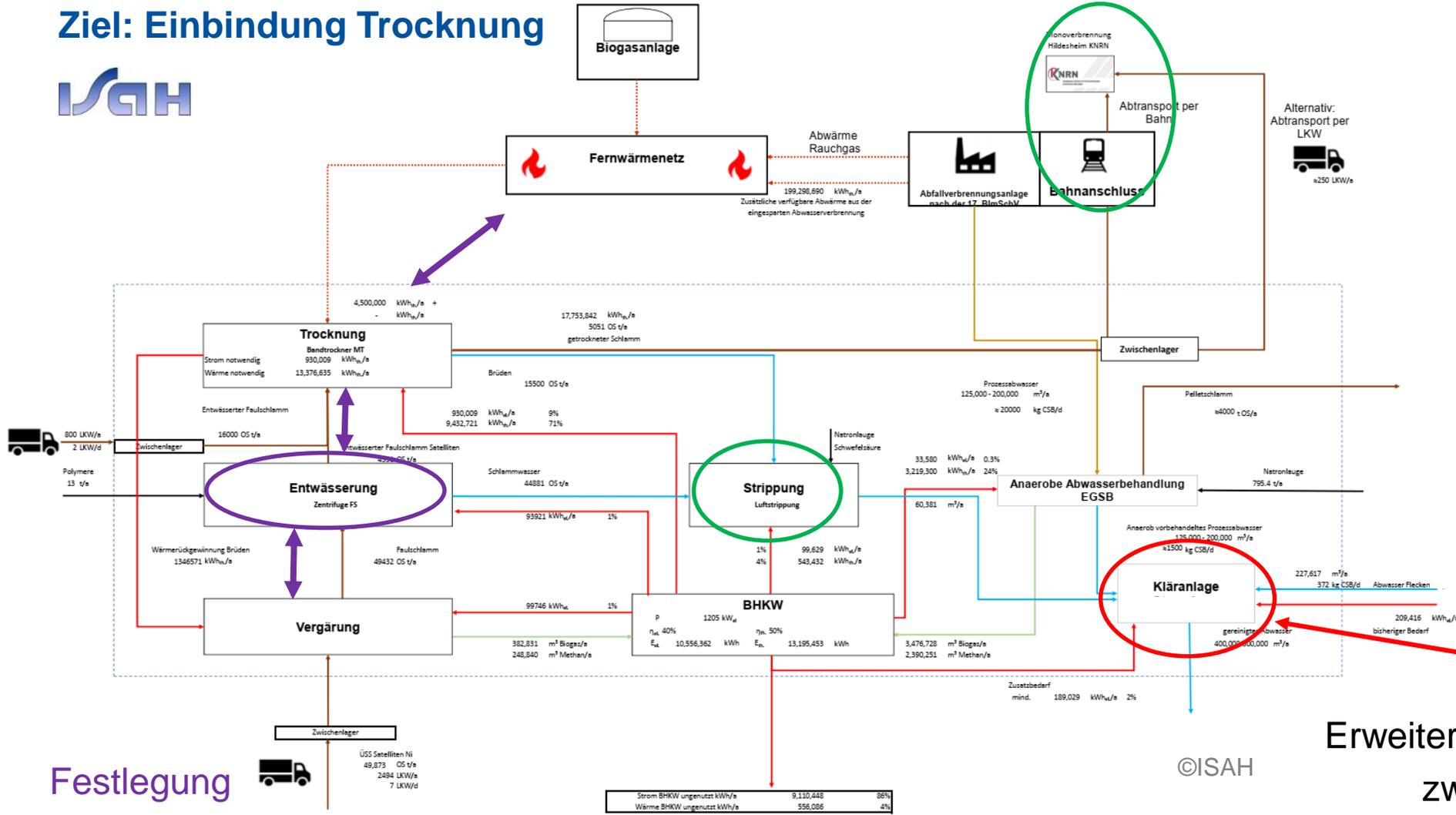
- vereinfachtes Bemessungsschema
- typische Auslegungswerte
- Berechnungsschema für Outputströme
- zulauf- und abbauspezifische Verbräuche und Reststoffanfall

fallspezifisch

- Inputdaten (als Lastfälle)
- spez. Aufwand/ Auswirkungen/... für Betriebsmittel, Reststoffentsorgung etc.

Energiebilanzmodell - Dezentrale Schlammbehandlung

Ziel: Einbindung Trocknung



Gesamtbilanz

Ca. 9.000 MWh_{el.}
Überschuss pro Jahr

Rund 200.000 MWh_{th.}
Überschuss pro Jahr

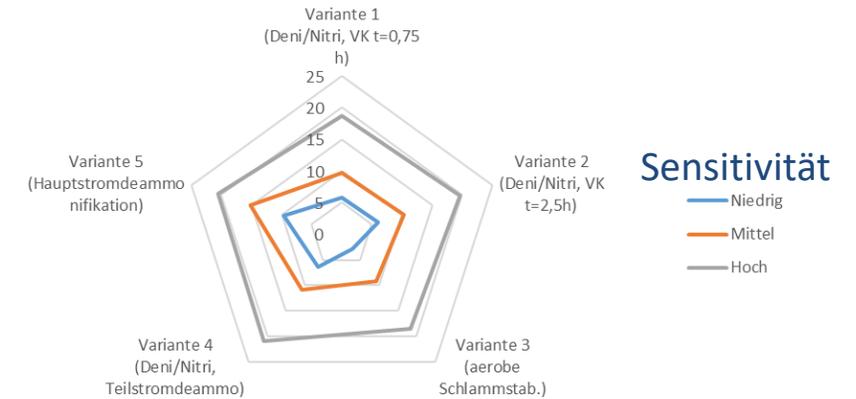
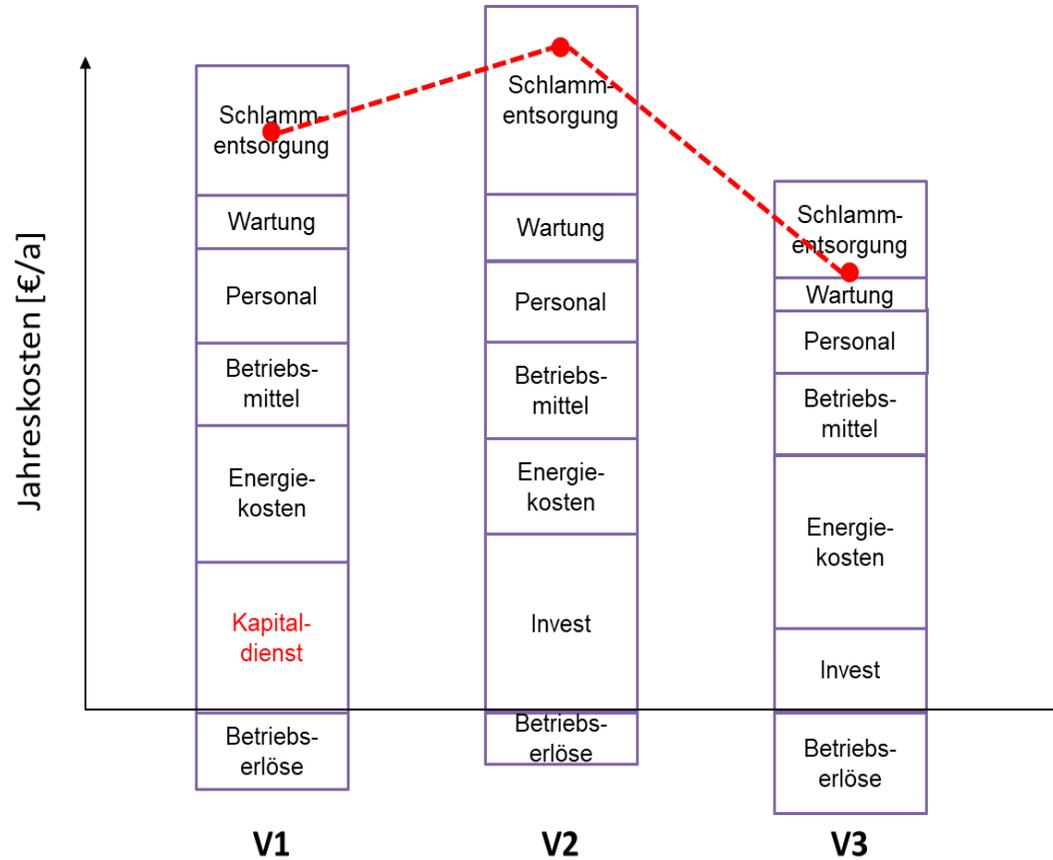
Festlegung
Entwässerungsgrad

Erweiterung der Kapazität der KA
zwingend erforderlich

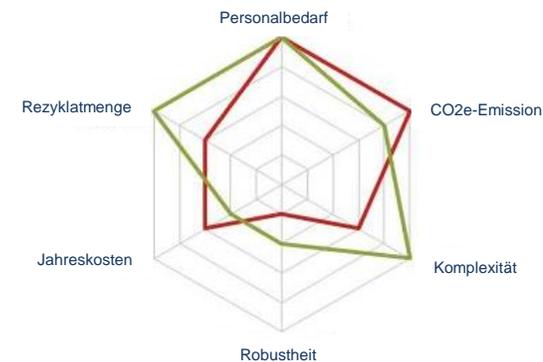
©ISAH



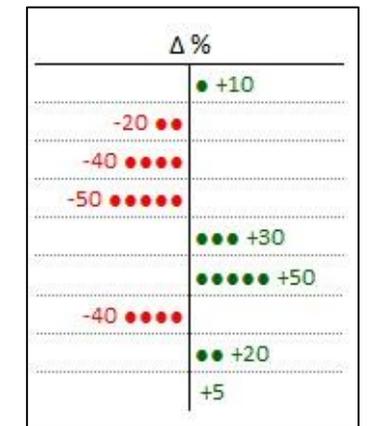
Bewertungsergebnis Jahreskosten



Mehrparameter



Dashboard



ISAH-Modellbibliothek

- Derzeit lokale Anwendung,
nach Fertigstellung und Erprobung Überführung in Online-Anwendung zur freien Nutzung

Funktionen

- Anwendung zur Abbildung von Verfahrensketten oder Einzelanwendung eines Moduls
 - statisch oder Zeitreihen
- Ergebnisdarstellung (Bilanzen, Zeitreihen, Sankey-Diagramme)
- Modelle und Ergebnisse können lokal gespeichert werden (Excel)

Vorteile

- Untersuchungsergebnisse zur Leistungsfähigkeit von Verfahren werden der Fachöffentlichkeit, insbesondere potentiellen Anwendern, zugänglich gemacht → weitere Nutzung der Ergebnisse
 - Zugehörige Publikationen, Abschlussberichte, Unternehmenswebseite etc. werden entsprechend verlinkt
- Einfache Variantenvergleiche → Entscheidungsunterstützung bei Planung und Betrieb durch einfach zu handhabende Werkzeuge
- Verfahrensmodule werden gebündelt an einem Ort in einem Format gesammelt
→ zunehmende Auswahl an Verfahrensmodulen ermöglicht die Abbildung immer komplexerer Prozessketten



Satellite

Transfer-Workshop „ISAH-Modul-Bibliothek“

04.März 2024, 9:00 – 11:00, Online

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Begrüßung + Vorstellung

Block 1:

- 09:20 Erläuterung der Methodik
- 09:35 Einsatz der Modulbibliothek und Zugriff
- 09:50 Diskussion zur Methodik

Block 2: Wie werden Steckbriefe erstellt

- 10:00 Modulaufbau, Steckbrieferstellung + Beispiele
- 10:20 Zitation und Lizenzierung
- 10:30 Diskussion Verfahrensgeber
(Fragen zum Vorgehen, weiteres Vorgehen)

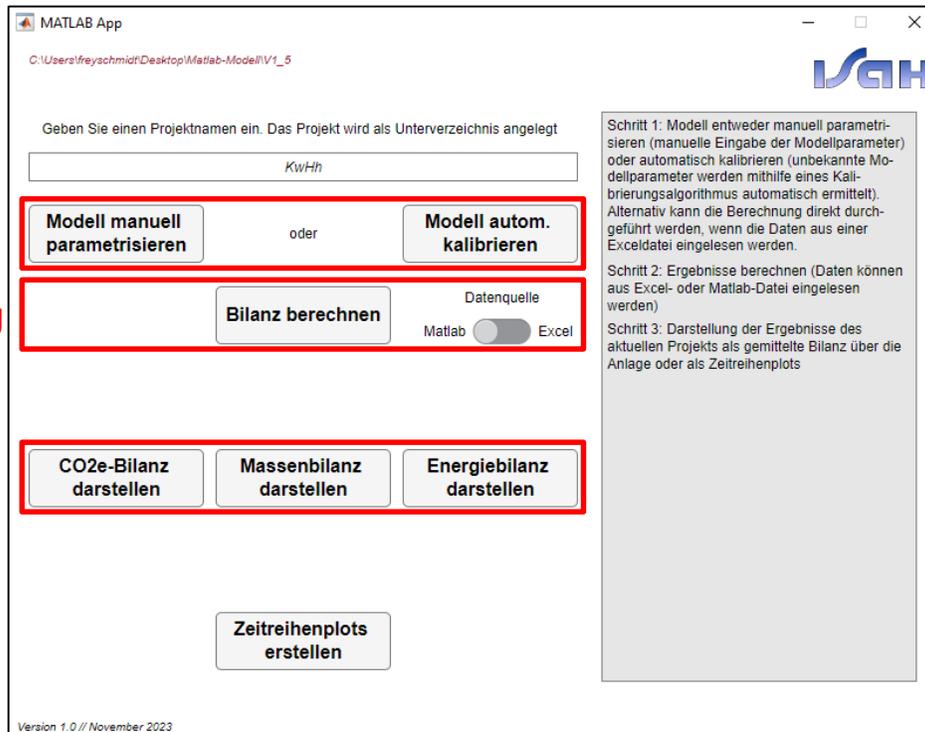


Grundidee der Modulbibliothek und Definitionen

- Zusammenfassen und Veröffentlichen von entwickelten Verfahren der Siedlungswasserwirtschaft in Form eines Moduls mit zugehörigem Steckbrief
 - **Steckbrief:** schriftliche Zusammenfassung der Grundinformationen, der Ein- und Ausgangsparameter, sowie der stattfindenden Prozesse zur Transformation der Eingangsparameter in die Ausgangsparameter
 - **Modul:** Recheneinheit, die ein spezifisches Verfahren auslegt und Eingangsparameter in Ausgangsparameter transformiert
 - **Modell:** Beliebige Kombination mehrerer Module zur Abbildung von Verfahrensketten

ISAH-Modellbibliothek: aktueller Stand

- Grafische Benutzeroberfläche erleichtert Bedienung → keine Programmierkenntnisse erforderlich
- Algorithmus für automatische Kalibrierung auf Basis gemessener Werte → erleichterte Bedienung
- Beliebige Modulkombinationen



Parametrisierung

Bemessung + Berechnung

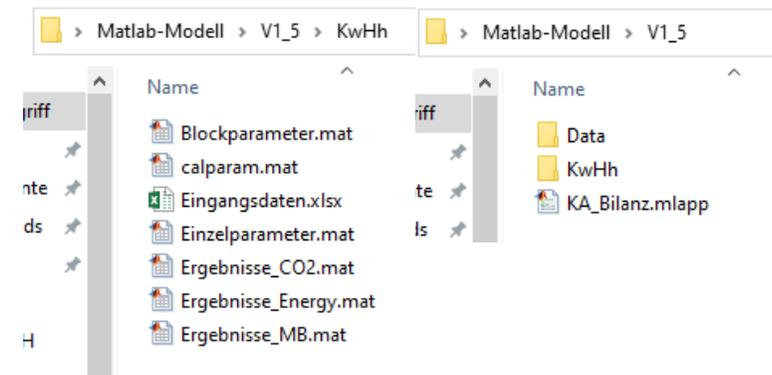
Ergebnisse

verfügbare Module

- Zulauf
- Rechen/ Sandfang
- Vorklärung
- Belebung
- Belüftung Luft/ Reinsauerstoff
- Nachklärung
- Eindickung/ Entwässerung
- Faulung
- BHKW
- Mischung/ Aufteilung von Modellvektoren

Module im Aufbau

- Ozonung (in Kooperation mit der RPTU)
- GAK (in Kooperation mit der RPTU)
- Teilstrombehandlung
- Elektrolyse (in Kooperation mit dem IfES der LUH)



ISAH-Modellbibliothek – Impressionen

Modellaufbau

Wählen Sie die Module aus, die Sie verwenden möchten

Z	Modul_Zulauf_KA	X
VK	Modul_Vorklaerung	X
BB	Modul_Belebung	X
NK	Modul_Nachklaerung	X

Modul1

- Modul_Zulauf_KA
- Modul_Zulauf_KA
- Modul_Rechen_und_Sandfang
- Modul_Vorklaerung
- Modul_Belebung
- Modul_Nachklaerung
- Modul_Entwaesserung
- Modul_Faulung

©ISAH

Modellaufbau

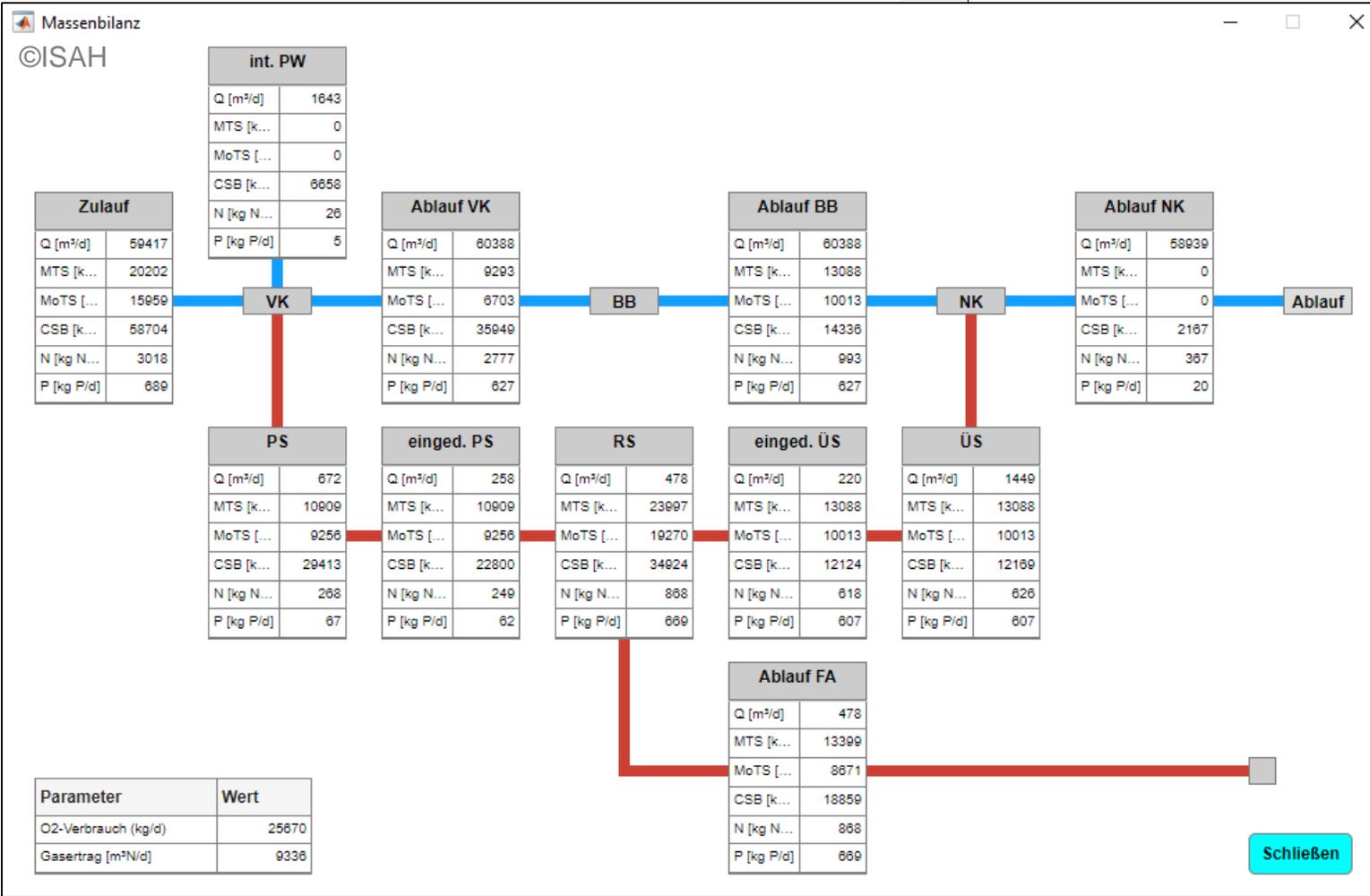
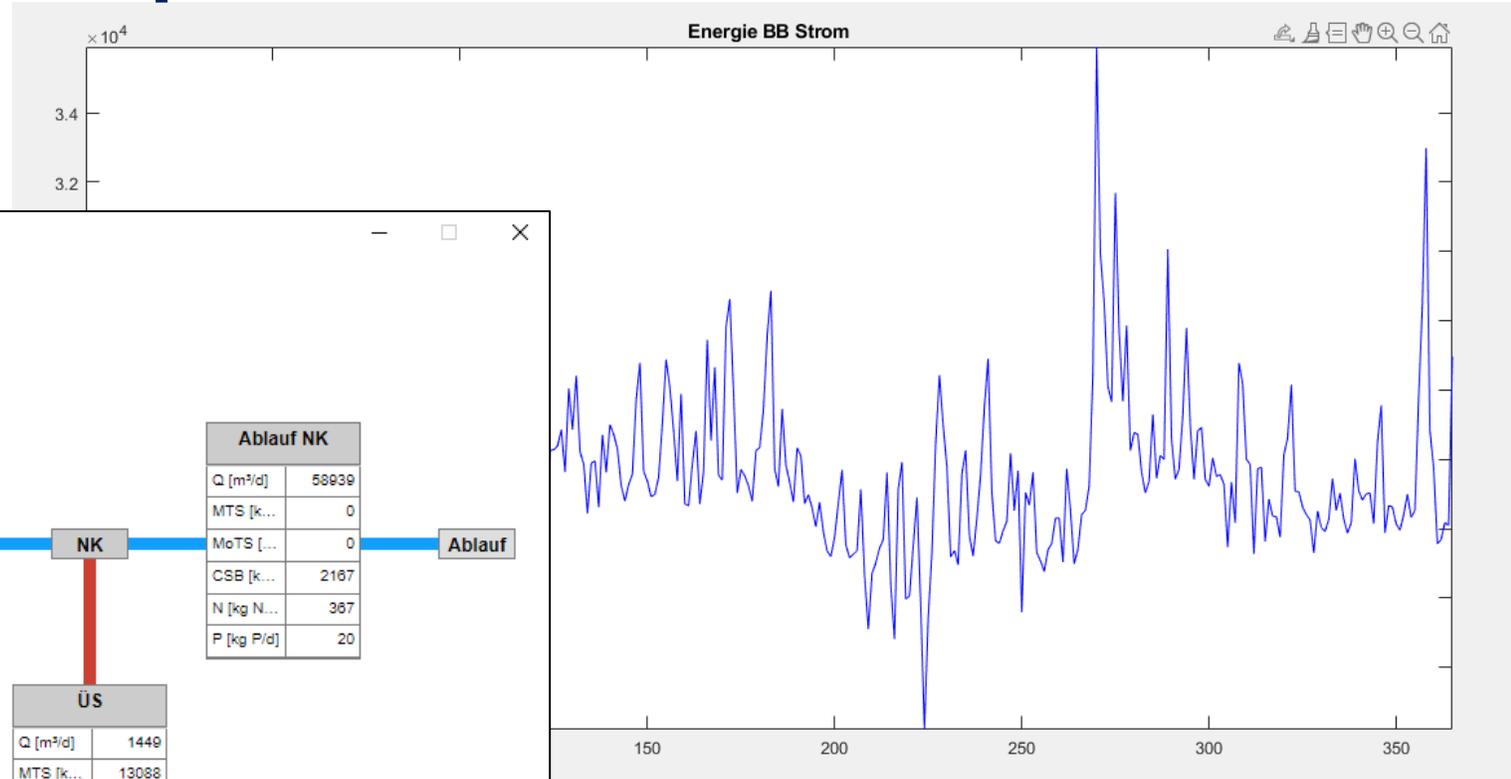
Parametrisieren Sie die einzelnen Module

Z	Modul_Zulauf_KA
Q_m3_d_Z	manuelle Eingabe 6200
TS_kg_m3_Z	manuelle Eingabe 0.35
GV_Prozent_Z	manuelle Eingabe 80
P_mg_l_Z	manuelle Eingabe 12
N_mg_l_Z	manuelle Eingabe 52

VK	Modul_Vorklaerung
Modellvektor_zu_VK	Modellvektor_Z
Anschlussgroesse_EW_VK	Anschlussgroes...
Volumen_VK_m3_VK	def
eta_Q_Prozent_VK	manuelle Eingabe 1
eta_TS_Prozent_VK	manuelle Eingabe 54

BB	Modul_Belebung
Modellvektor_zu_BB	Modellvektor_Abl_VK
Anschlussgroesse_EW_BB	Anschlussgroes...
aerobe_Stab_beruecksichtigen_BB	manuelle Eingabe nein
TSBB_kg_m3_BB	manuelle Eingabe 4
VBB_m3_BB	manuelle Eingabe 48750

ISAH-Modellbibliothek – Impressionen



Ausblick Online-Anwendung

← → ↻ https://isah-modulbibliothek.de ©ISAH ☆ [Icons]

Projektname:

Modell laden **Modell speichern**

Parametrisierung **Automatische Kalibrierung**

Berechnung **Ergebnisse anzeigen**

Modultyp: Zulauf
Urheber: ISAH
CC-Lizenz: CC-BY
Datenbasis: DWA-M 368
Anwendbarkeit: a.R.d.T.

[weitere Informationen](#)

Z	Modul_Zulauf_KA
Q_m3_d_Z	manuelle Eingabe ▼ 6200
TS_kg_m3_Z	manuelle Eingabe ▼ 0.35
GV_Prozent_Z	manuelle Eingabe ▼ 80
P_mg_l_Z	manuelle Eingabe ▼ 12
N_mg_l_Z	manuelle Eingabe ▼ 52

Modultyp: Vorklärung
Urheber: ISAH
CC-Lizenz: CC-BY
Datenbasis: DWA-A 131
Anwendbarkeit: a.R.d.T.

[weitere Informationen](#)

VK	Modul_Vorklaerung
Modellvektor_zu_VK	Modellvektor_Z ▼
Anschlussgroesse_EW_VK	Anschlussgroes... ▼
Volumen_VK_m³_VK	def ▼
eta_Q_Prozent_VK	manuelle Eingabe ▼ 1
eta_TS_Prozent_VK	manuelle Eingabe ▼ 54

Modultyp: Belebung
Urheber: ISAH
CC-Lizenz: CC-BY
Datenbasis: DWA-A 131
Anwendbarkeit: a.R.d.T.

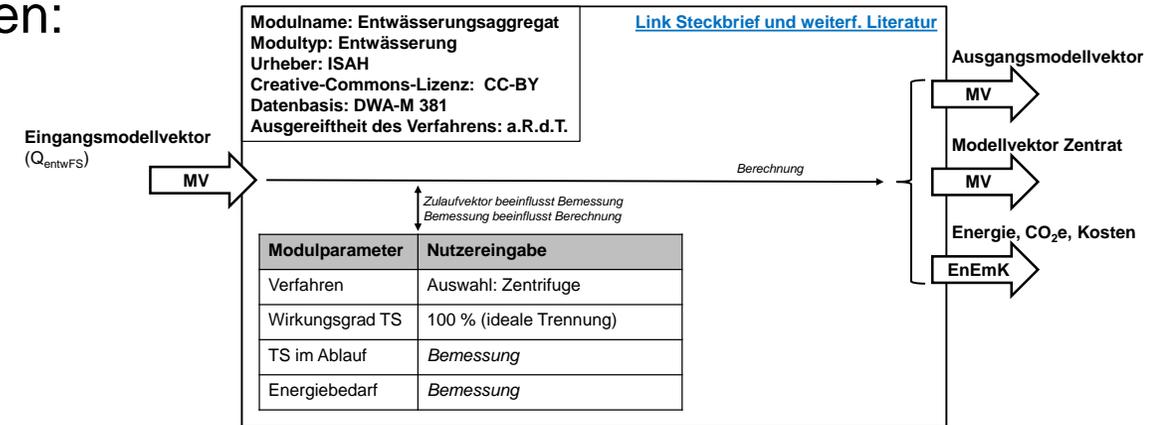
[weitere Informationen](#)

BB	Modul_Belebung
Modellvektor_zu_BB	Modellvektor_Abl_VK ▼
Anschlussgroesse_EW_BB	Anschlussgroes... ▼
aerobe_Stab_beruecksichtigen_BB	manuelle Eingabe ▼ nein
TSBB_kg_m3_BB	manuelle Eingabe ▼ 4
VBB_m3_BB	manuelle Eingabe ▼ 10750

Online-Anwendung

Jedes Modul enthält gut sichtbar die folgenden Angaben:

- Urheber: Person, Einrichtung, Firma
- Kennzeichnung Creative-Commons-Lizenz
- Verlinkung zum FIS der LUH
(<https://www.fis.uni-hannover.de/portal/>)
 - Ablage zugehöriger Dateien
 - Modulsteckbrief
 - Projektberichte
 - Veröffentlichungen
 - ...
 - Für jedes Modul wird ein eigener Ordner mit eigenem DOI erstellt
- Bei Bedarf: Verlinkung zur Webseite des Modulerstellers



Durchsuchen Sie das Forschungsportal

Die disziplinübergreifende Bündelung herausragender Einzelleistungen beschreibt den Weg der Leibniz Universität Hannover, exzellente Forschung international sichtbar zu machen. Erfahren Sie mehr in unserem Forschungsportal "Research@Leibniz University".

- ✉ Presseanfragen
- ✉ Support (intern)
- 👤 Login (intern)





Satellite

Transfer-Workshop „ISAH-Modul-Bibliothek“

04.März 2024, 9:00 – 11:00, Online

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Begrüßung + Vorstellung

Block 1:

- 09:20 Erläuterung der Methodik
- 09:35 Einsatz der Modulbibliothek und Zugriff
- 09:50 Diskussion zur Methodik



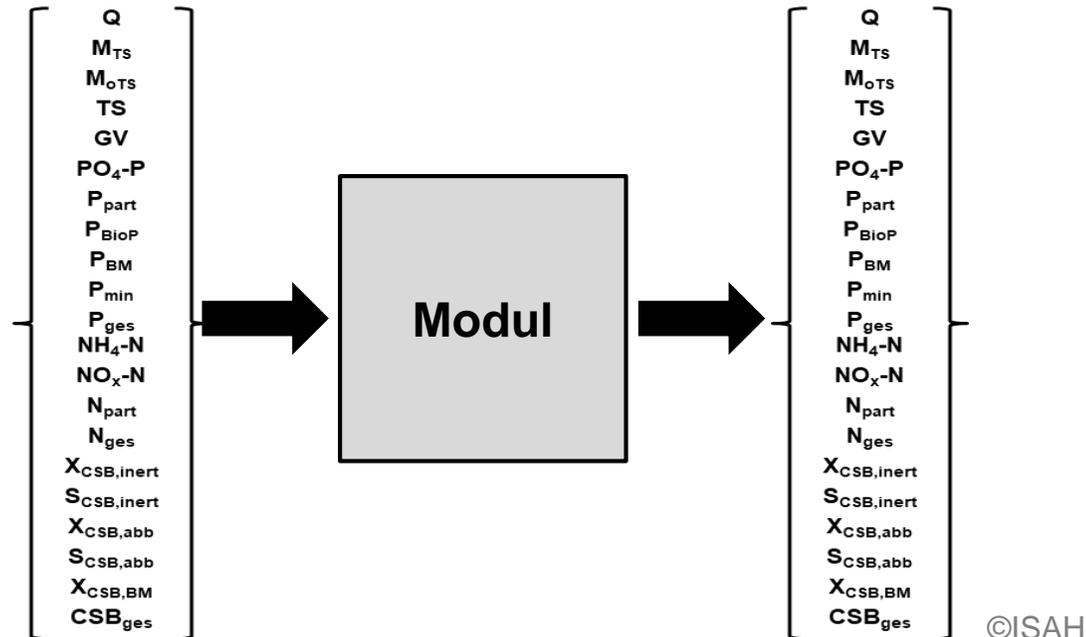
Block 2: Wie werden Steckbriefe erstellt

- 10:00 Modulaufbau, Steckbrieferstellung + Beispiele
- 10:20 Zitation und Lizenzierung
- 10:30 Diskussion Verfahrensgeber
(Fragen zum Vorgehen, weiteres Vorgehen)



Informationsweitergabe

- Bei der Modellerstellung einer Prozesskette müssen Informationen zwischen den einzelnen Modulen ausgetauscht werden
- Informationen müssen von allen Modulen verarbeitet werden können
→ einheitliches Format
- vordefiniertes Datenformat: Zusammenfassung der wesentlichen Parameter zur Charakterisierung von Abwasser und Klärschlämmen (siehe nächste Folie)



Modellvektorformat

Parameter	Beschreibung	Einheit	Form
Q	Abwasservolumenstrom	[m ³ /d]	-
M_{TS}	Feststofffracht	[kg TS/d]	partikulär
M_{oTS}	Organische Feststofffracht	[kg oTS/d]	partikulär
TS	M_{TS}/Q	[kg TS/m ³]	-
GV	$M_{oTS}/M_{TS} \cdot 100$	[%]	-
PO₄-P	Orthophosphat-Phosphor	[kg P/d]	gelöst
P_{part}	partikulär gebundener Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{BioP}	bei der BioP zusätzlich aufgenommener P	[kg P/d]	partikulär
P_{BM}	in die Biomasse integrierter Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{min}	mineralisch gebundener Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{ges}	$(PO_4 - P) + P_{part} + P_{BioP} + P_{BM} + P_{min}$	[kg P/d]	-
NH₄-N	Ammoniumstickstoff	[kg N/d]	gelöst
NO_x-N	Nitrat- und Nitritstickstoff	[kg N/d]	gelöst
N_{part}	partikulär gebundener Stickstoff	[kg N/d]	partikulär
N_{ges}	$(NH_4 - N) + (NO_x - N) + N_{part}$	[kg N/d]	-
X_{CSB,inert}	partikulärer, inerter CSB	[kg CSB/d]	partikulär
S_{CSB,inert}	gelöster, inerter CSB	[kg CSB/d]	gelöst
X_{CSB,abb}	partikulärer, abbaubarer CSB	[kg CSB/d]	partikulär
S_{CSB,abb}	gelöster, abbaubarer CSB	[kg CSB/d]	gelöst
X_{CSB,BM}	in die Biomasse integrierter CSB	[kg CSB/d]	partikulär
CSB_{hom}	$X_{CSB,inert} + S_{CSB,inert} + X_{CSB,abb} + S_{CSB,abb} + X_{CSB,BM}$	[kg CSB/d]	-
CSB_{filt}	$S_{CSB,inert} + S_{CSB,abb}$	[kg CSB/d]	gelöst

Vektor enthält nicht nur Summenparameter, sondern auch diverse Einzelfraktionen

→ breite Anwendbarkeit für verschiedene Verfahren

ggf. spez. differenziert in verschiedenen Forschungsprojekten z.B. RePhoR

vorgegeben → immer auf Messwerte rückführbar

Parameter in grüner Schrift: Mitführung für vereinfachte Handhabung und Kalibrierung, mit Messwerten

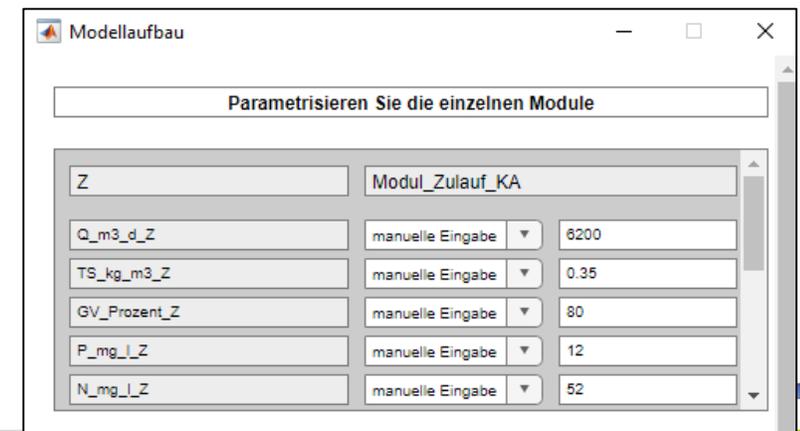
Modellvektorformat

Parameter	Beschreibung	Einheit	Form
Q	Abwasservolumenstrom	[m³/d]	-
M_{TS}	Feststofffracht	[kg TS/d]	partikulär
M_{oTS}	Organische Feststofffracht	[kg oTS/d]	partikulär
TS	M_{TS}/Q	[kg TS/m³]	-
GV	$M_{oTS}/M_{TS} \cdot 100$	[%]	-
PO₄-P	Orthophosphat-Phosphor	[kg P/d]	gelöst
P_{part}	partikulär gebundener Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{BioP}	bei der BioP zusätzlich aufgenommener P	[kg P/d]	partikulär
P_{BM}	in die Biomasse integrierter Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{min}	mineralisch gebundener Phosphor	[kg P/d]	partikulär
P_{ges}	$(PO_4 - P) + P_{part} + P_{BioP} + P_{BM} + P_{min}$	[kg P/d]	-
NH₄-N	Ammoniumstickstoff	[kg N/d]	gelöst
NO_x-N	Nitrat- und Nitritstickstoff	[kg N/d]	gelöst
N_{part}	partikulär gebundener Stickstoff	[kg N/d]	partikulär
N_{ges}	$(NH_4 - N) + (NO_x - N) + N_{part}$	[kg N/d]	-
X_{CSB,inert}	partikulärer, inerter CSB	[kg CSB/d]	partikulär
S_{CSB,inert}	gelöster, inerter CSB	[kg CSB/d]	gelöst
X_{CSB,abb}	partikulärer, abbaubarer CSB	[kg CSB/d]	partikulär
S_{CSB,abb}	gelöster, abbaubarer CSB	[kg CSB/d]	gelöst
X_{CSB,BM}	in die Biomasse integrierter CSB	[kg CSB/d]	partikulär
CSB_{hom}	$X_{CSB,inert} + S_{CSB,inert} + X_{CSB,abb} + S_{CSB,abb} + X_{CSB,BM}$	[kg CSB/d]	-
CSB_{filt}	$S_{CSB,inert} + S_{CSB,abb}$	[kg CSB/d]	gelöst

Vektor enthält nicht nur Summenparameter, sondern auch diverse Einzelfraktionen

→ breite Anwendbarkeit für verschiedene Verfahren

- Fraktionierung erfolgt im Zulaufmodul → Rechengrößen
- Für die Erstellung weiterer Module muss angegeben werden, wie sich die einzelnen Fraktionen verhalten.



Modellvektorformat

Parameter	Beschreibung	Einheit	Form
Q	Abwasservolumenstrom	[m ³ /d]	-
M_{TS}	Feststofffracht	[kg TS/d]	partikulär
M_{oTS}	Organische Feststofffracht	[kg oTS/d]	partikulär
P_{ges}	$(PO_4 - P) + P_{part} + P_{BioP} + P_{BM} + P_{min}$	[kg P/d]	-
N_{ges}	$(NH_4 - N) + (NO_x - N) + N_{part}$	[kg N/d]	-
CSB_{ges}	$X_{CSB,inert} + S_{CSB,inert} + X_{CSB,abb} + S_{CSB,abb} + X_{CSB,BM}$	[kg CSB/d]	-

Parameter	Beschreibung	Einheit	Form
Q	Abwasservolumenstrom	[m ³ /d]	-
X_i	partikuläre Stoffe	[kg/d]	partikulär
S_i	gelöste Stoffe	[kg/d]	gelöst

CSB_{hom}, CSB_{fil}

Vektor enthält nicht nur Summenparameter, sondern auch diverse **Einzelfraktionen**

→ breite Anwendbarkeit für verschiedene Verfahren

- Fraktionierung erfolgt im Zulaufmodul → Rechengrößen
- Für die Erstellung weiterer Module muss angegeben werden, wie sich die einzelnen Fraktionen verhalten.

Bei Bedarf können für die Modulbeschreibung (Steckbriefe) einfachere Formate verwendet werden → reduzierter Aufwand

Modulaufbau

Jedes Modul besteht aus folgenden Elementen:

- Grundinformation zur Beurteilung der spez. Anwendbarkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse
 - Urheber (Institution oder Person)
 - Creative-Commons-Lizenz (insbesondere Veränderbarkeit und wirtschaftliche Nutzung des Moduls)
 - Angabe zur Quelle der hinterlegten Daten (Freitext, z. B. Labordaten, großtechnische Erprobung...)
 - Angabe zur Ausgereiftheit des Verfahrens (Auswahl: S.d.W, S.d.T, a.R.d.T.)
- Dateneingänge (werden aus anderen Modulen übernommen)
 - Modellvektoren und/ oder zusätzliche Einzelparameter
- Datenausgänge (können von anderen Modulen weitergenutzt werden)
 - Modellvektoren und/ oder zusätzliche Einzelparameter
 - Energie, CO₂e, Kosten

Modulaufbau

Jedes Modul besteht aus folgenden Elementen:

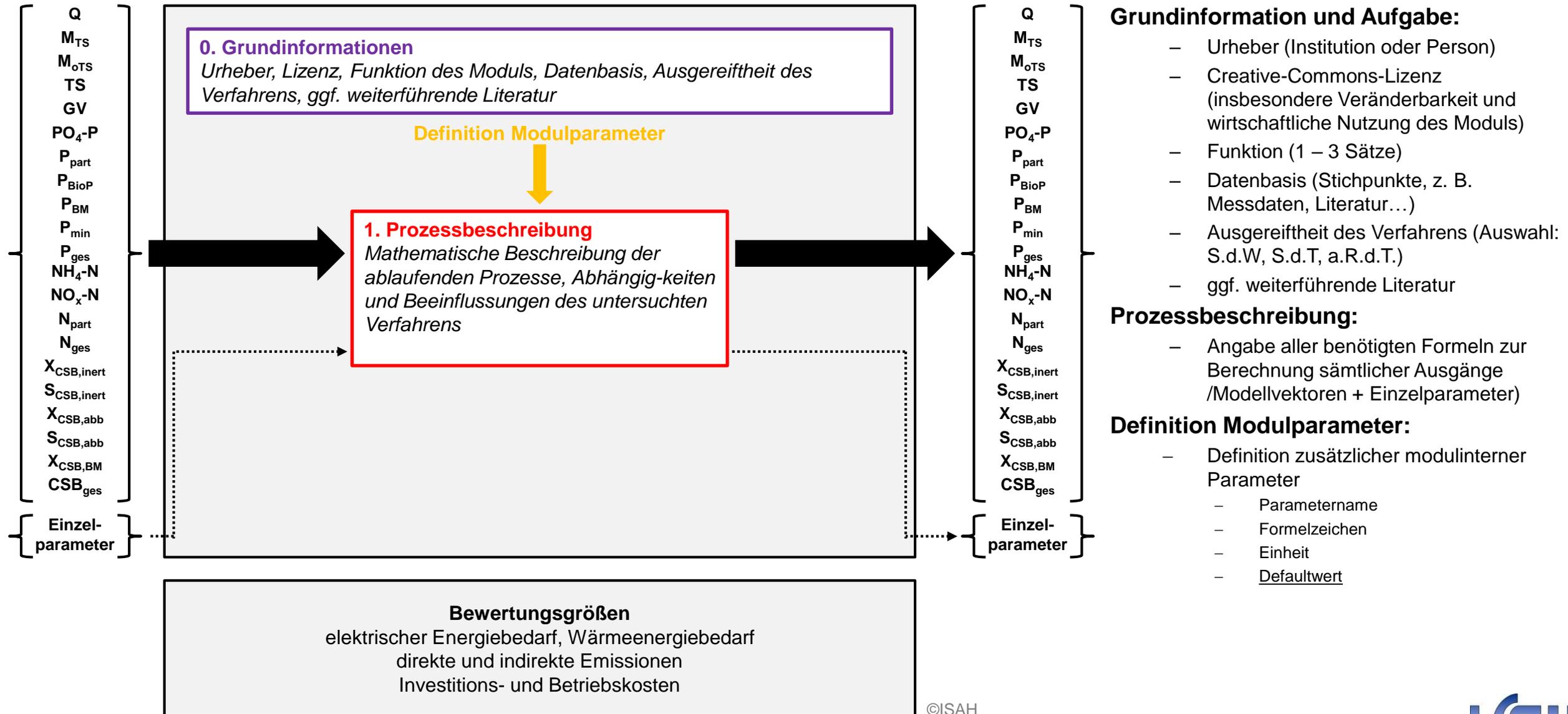
- Modulparameter (nur für das Modul benötigt, z. B. Volumina, Wirkungsgrade, Energiebedarf...)
 - werden im Berechnungsteil verwendet
 - Auswirkung auf Verfahrensleistung (Massenbilanz, Energie, CO₂e, Kosten)
→ z. B. Volumen Vorklärung → Aufenthaltszeit → Wirkungsgrade
 - werden **durch den Nutzer vorgegeben** oder im Rahmen eines modulinternen **Bemessungsvorgangs** festgelegt (→ für alle Modulparameter muss ein Bemessungsschema oder ein Defaultwert hinterlegt sein)
- Bemessung: Festlegung der nicht definierten Modulparameter
 - Zwei Wege:
 1. Bemessung über Bemessungsschema (auf Basis von Mittelwerten oder 85-%-Perzentilwerten)
 - sollte in Abhängigkeit mindestens einer Fraktion eines Eingangsmodellvektors erfolgen, um so eine Abhängigkeit von der lokalen Abwasser-/ Schlammzusammensetzung bzw. -menge zu schaffen
 - z. B. Belebungsbeckenvolumen in Abhängigkeit der CSB-Fracht im Zulauf zum Modul Belebung
 2. vordefinierte Betriebsvarianten/ Verfahren
 - Für verschiedene Betriebsvarianten/ Verfahren werden Modulparametersets vordefiniert und bei Auswahl einer Betriebsvariante/ eines Verfahrens automatisch geladen
 - z. B. Art der Trocknung = Bandtrockner → Energieverbrauch, Entwässerungsgrad...
 - Bemessungswerte werden bei der anschließenden Berechnung nicht mehr verändert

Modulaufbau

Jedes Modul besteht aus folgenden Elementen:

- Berechnung: Berechnung sämtlicher Ausgänge
 - Modellvektoren, Einzelparameter, Energiebedarf, CO₂e-Emission, Kosten
 - Ergebnisse hängen vom Eingangsmodellvektor und von globalen Anlagenparametern (z. B. Kostenkennzahlen) ab
 - Verwendung von Einzelwerten (z. B. Jahresbilanz) und Zeitreihen (z. B. tagesscharf, stundenscharf...)

Vorgehen Steckbrieferstellung



©ISAH

Steckbriefaufbau

Prozessbeschreibung:

- Nutzung des unten dargestellten Tabellenformats (für Modellvektor kann ein vereinfachtes Format genutzt werden, z. B. nur Unterscheidung gelöst/ partikulär)
- alternativ direkte Angabe über Formeln
- auch angeben, wenn ein sich eine Modellvektorfraktion nicht verändert

Energie-CO ₂ e-Kosten-Vektor	
ECKV ab	Berechnung
E _S	
E _H	
CO ₂ e _{indir}	
CO ₂ e _{dir}	
K _{Invest}	
K _{Betrieb}	

Einzelparameter	
EP ab	Berechnung
EP1	
EP2	
...	...

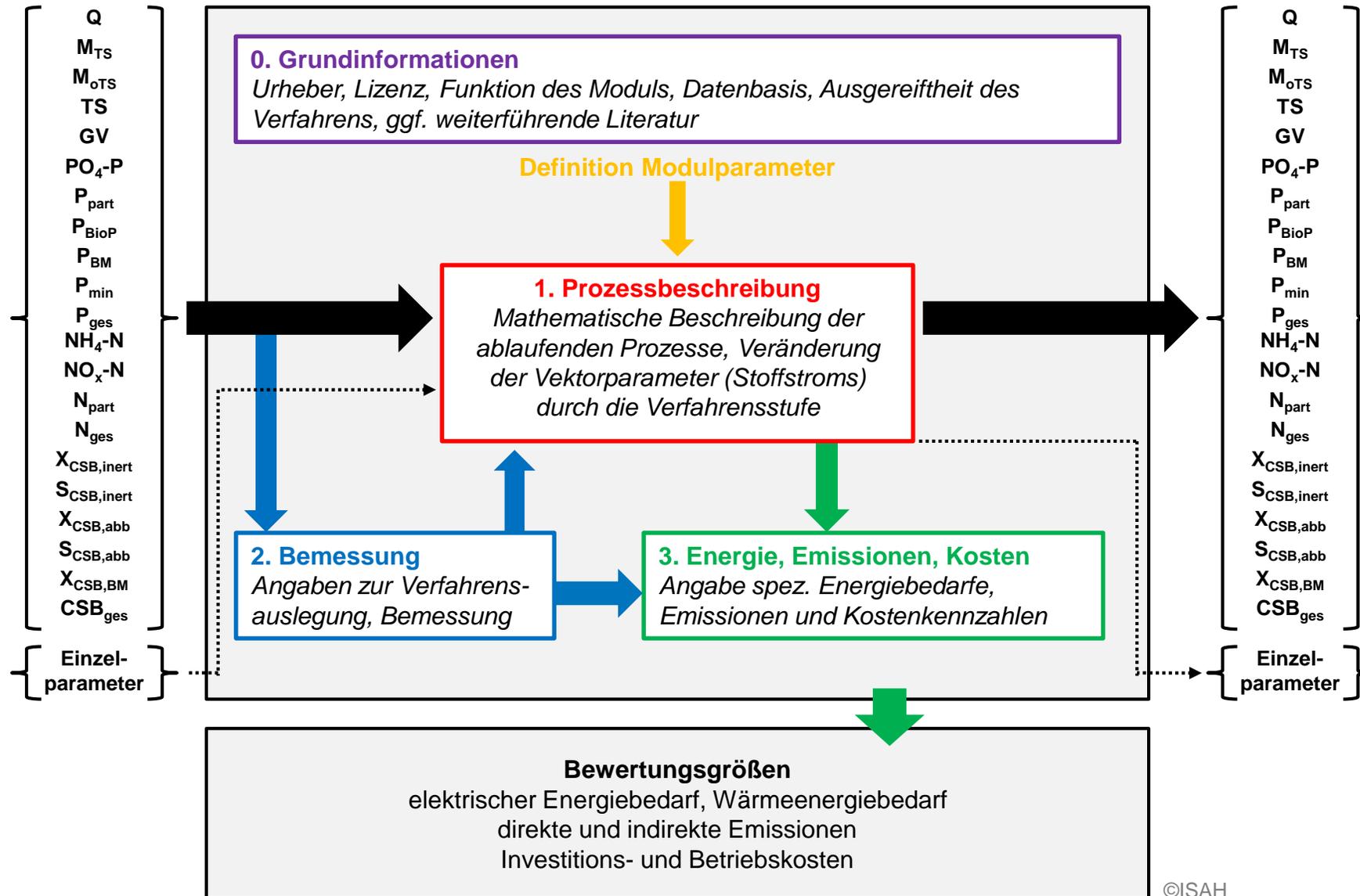
Modellvektor		
MV ab	Transformation	MV zu
Q =		Q
M _{TS} =		M _{TS}
M _{oTS} =		M _{oTS}
TS =		TS
GV =		GV
PO ₄ -P =		PO ₄ -P
P _{part} =		P _{part}
P _{BioP} =		P _{BioP}
P _{BM} =		P _{BM}
P _{min} =		P _{min}
P _{ges} =		P _{ges}
...

Modellvektor (nur gelöst/ partikulär)		
MV ab	Transformation	MV zu
Q =		Q
S _{i,zu} =		S _{i,ab}
X _{i,zu} =		X _{i,ab}

Zulässige Operatoren und Funktionen

- **Standardoperatoren: +, -, *, /, (,), ...**
- **WENN-DANN-Beziehungen**
- **MIN-/ MAX-Beziehungen**
- **Iterationen/ Schleifen**

Vorgehen Steckbrieferstellung



Bemessung:

- Für die Berücksichtigung der unterschiedlichen Belastungssituationen der Szenarialternativen müssen die technischen Basismodule einen Bemessungsschritt beinhalten!
- Auslegung der dominanten Einflussgrößen auf die Bau- und Betriebskosten, den Energieverbrauch, die Emissionen sowie die Modulleistung
- 2 Wege zur Auslegung von Modulparametern
 1. Bemessungsschema
 2. vordefinierte Betriebsvarianten/ Verfahren

Bsp. Faulung – Übersicht

Grün: durch den Steckbriefersteller anzugeben

Modulname: Faulbehälter
Modultyp: Faulung
Urheber: **ISAH**
Creative-Commons-Lizenz: **CC-BY**
Datenbasis: **DWA-M 368**
Ausgereiftheit des Verfahrens

[Link Steckbrief und weiterf. Literatur](#)

Pure Leibniz Universität Hannover

Personlicher Bereich

Eigene Übersicht
Publikationen
Aktivitäten
Preise
Presse/Medien
Fördermittelanträge
Bewilligungen
Projekte
Ausgründungen
Datasets
Eigene Datasets 2
Ausstattung/Einrichtung
CVs

Suche nach Datasets

Suche

2 Ergebnisse

sortieren: ↓ Erstellungsdatum

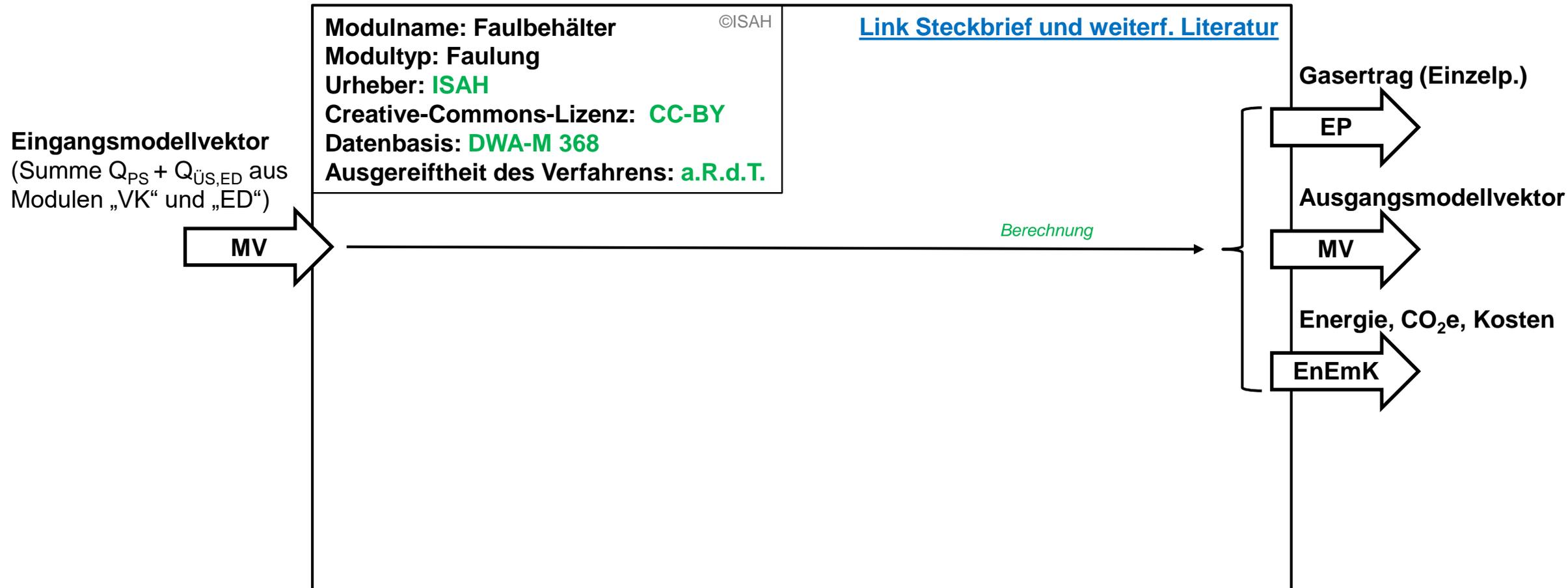
Ansichten

Modellmodul Faulung (ISAH, 2024)
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (Urheber*in), Forschungsdaten-Repository der LUH (2024)
DOI: 10.25835/xvfb8rb, <https://data.uni-hannover.de/dataset/91366fee-889c-4f0d-92f3-dc98bd902529>

Name	Änderungsdatum
Steckbrief_Modul_Faulung.pdf	15.02.2024 12:16

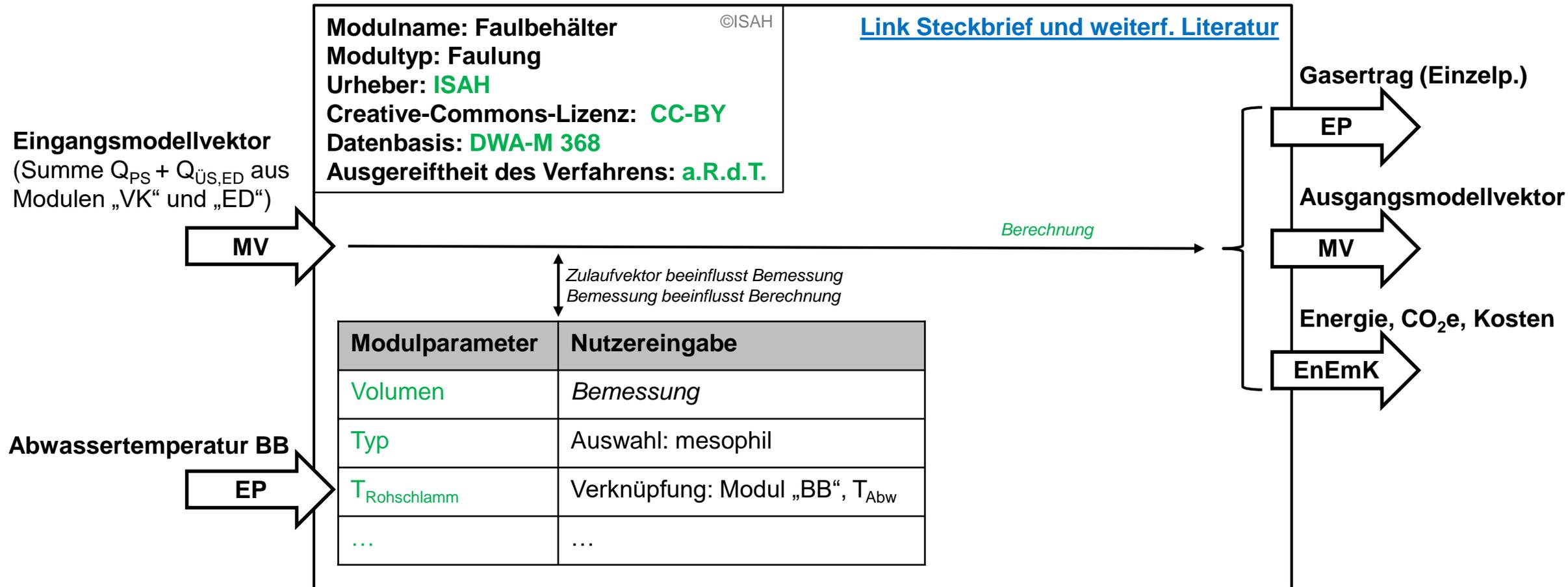
Bsp. Faulung – Übersicht

Grün: durch den Steckbriefersteller anzugeben



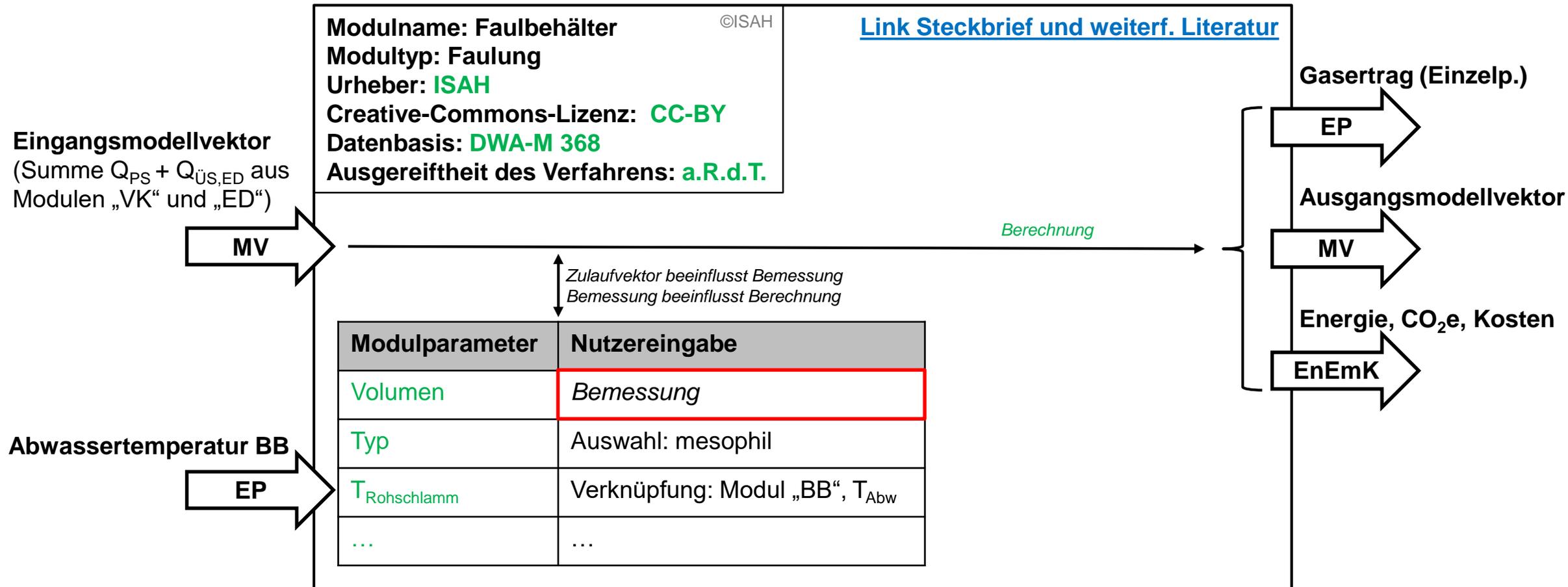
Bsp. Faulung – Übersicht

Grün: durch den Steckbriefersteller anzugeben



Bsp. Faulung – Übersicht

Grün: durch den Steckbrieffersteller anzugeben

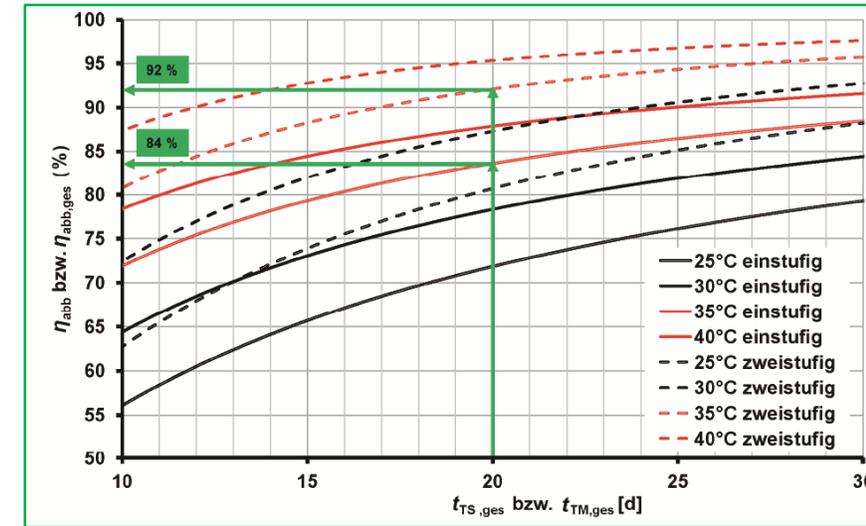


- Im vorliegenden Beispiel wurde ausgewählt, dass das Volumen der Faulbehälter bemessen werden soll.
 - Im Algorithmus werden zwei Bemessungskriterien definiert:
 - Stabilisierungszeit $t_{St} > 20$ d $\rightarrow V_{FB,1} > Q_{FS} \times 20$
 - Raumbelastung $B_{R,oTS} < 1,5$ kg oTS/m³/d $\rightarrow V_{FB,2} > M_{oTS,zu} / 1,5$
 - gewähltes Volumen: $V_{FB} = \max(V_{FB,1}; V_{FB,2})$
- Aus dem Volumen ergeben sich schließlich die Abbauraten für CSB und oTS:
 $V_{FB} \rightarrow t_{\text{Aufenthaltszeit}} \rightarrow \eta_{CSB,abb} + \eta_{oTS,abb}$

Bsp. Faulung – Berechnung

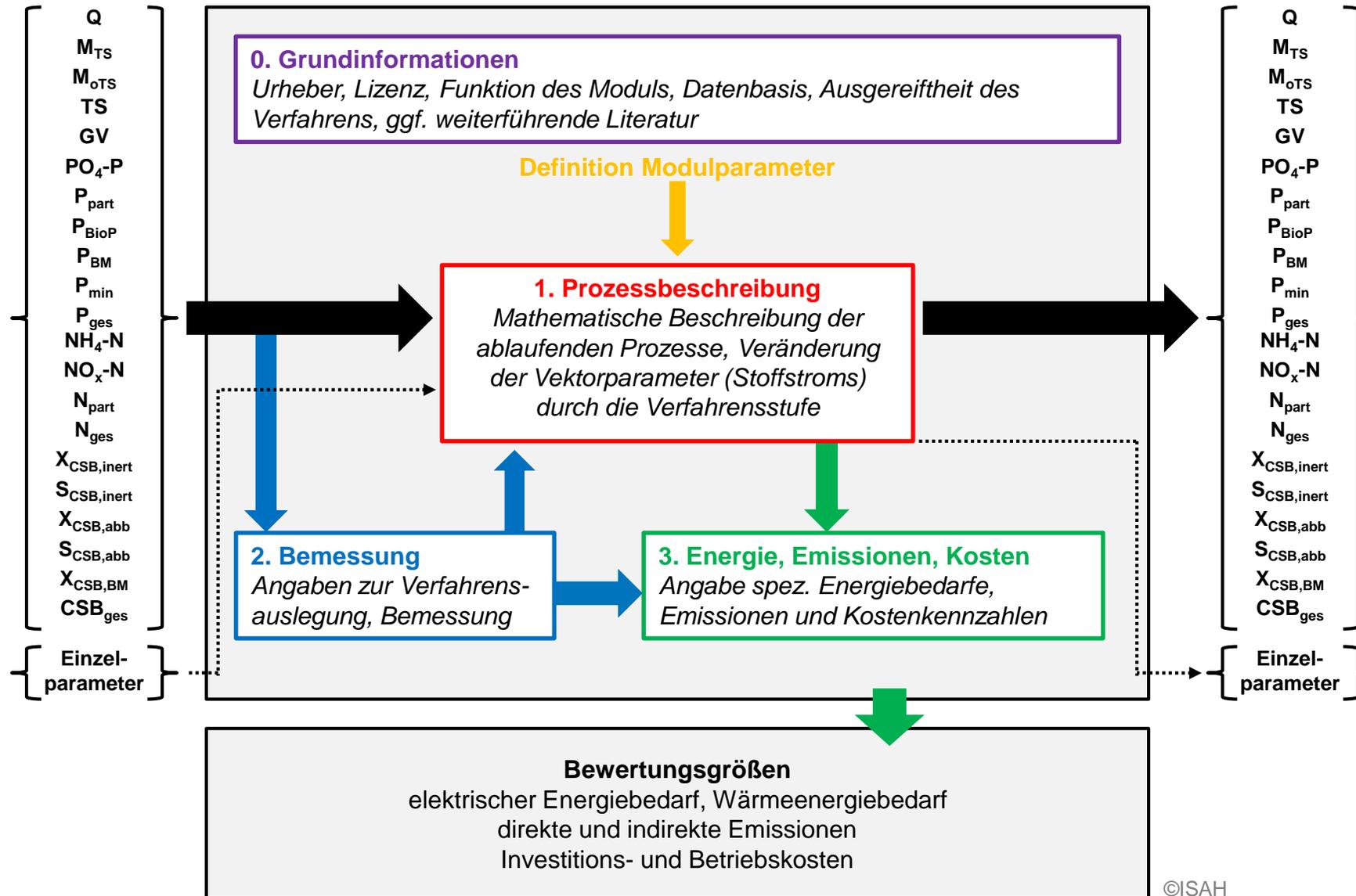
Grün: durch den Steckbriefersteller anzugeben

- Es werden folgende Prozesse berücksichtigt:
 - Abbau σ_{TS} → Abbaugrad in Abhängigkeit der Aufenthaltszeit
 - Abbau CSB_{abb} → Abbaugrad in Abhängigkeit der Aufenthaltszeit
 - Rücklösung von in die Biomasse eingebautem Stickstoff → NH_4-N
 - Rücklösung von in die Biomasse eingebautem Phosphor → PO_4-P
 - Faulgasertrag in Abhängigkeit des umgesetzten CS
- Energie:
 - Berücksichtigung Strombedarf
 - Berücksichtigung Wärmebedarf (Schlammaufheizung + Abstrahlungsverluste)
- Emissionen:
 - Indirekte Emissionen z.B. durch Strombedarf und Betriebsmittel (Fe-Dosierung...)
 - Direkte Methanemissionen (Undichtigkeiten, Druckabnahme im Ablauf der Faulung)
- Kosten:
 - Invest aus Bemessung
 - Betriebskosten aus Verbrauch



Quelle: DWA-M 368

Vorgehen Steckbrieferstellung



Bemessung:

- Für die Berücksichtigung der unterschiedlichen Belastungssituationen der Szenarienalternativen müssen die technischen Basismodule einen Bemessungsschritt beinhalten!
- Auslegung der dominanten Einflussgrößen auf die Bau- und Betriebskosten, den Energieverbrauch, die Emissionen sowie die Modulleistung
- 2 Wege zur Auslegung von Modulparametern
 1. Bemessungsschema
 2. vordefinierte Betriebsvarianten/ Verfahren

Energie, Emissionen, Kosten:

- Spezifische Energieverbräuche (el. Energie + Wärme)
- Emissionsmodelle direkte Emissionen (CO_2 , CH_4 , N_2O) + Emissionsfaktoren für indirekte Emissionen
- spezifische Kostenkennwerte für die Betriebskosten und (falls vorhanden) Kostenkurven für die Abschätzung der Investitionskosten

©ISAH

Aktuell berücksichtigte Größen

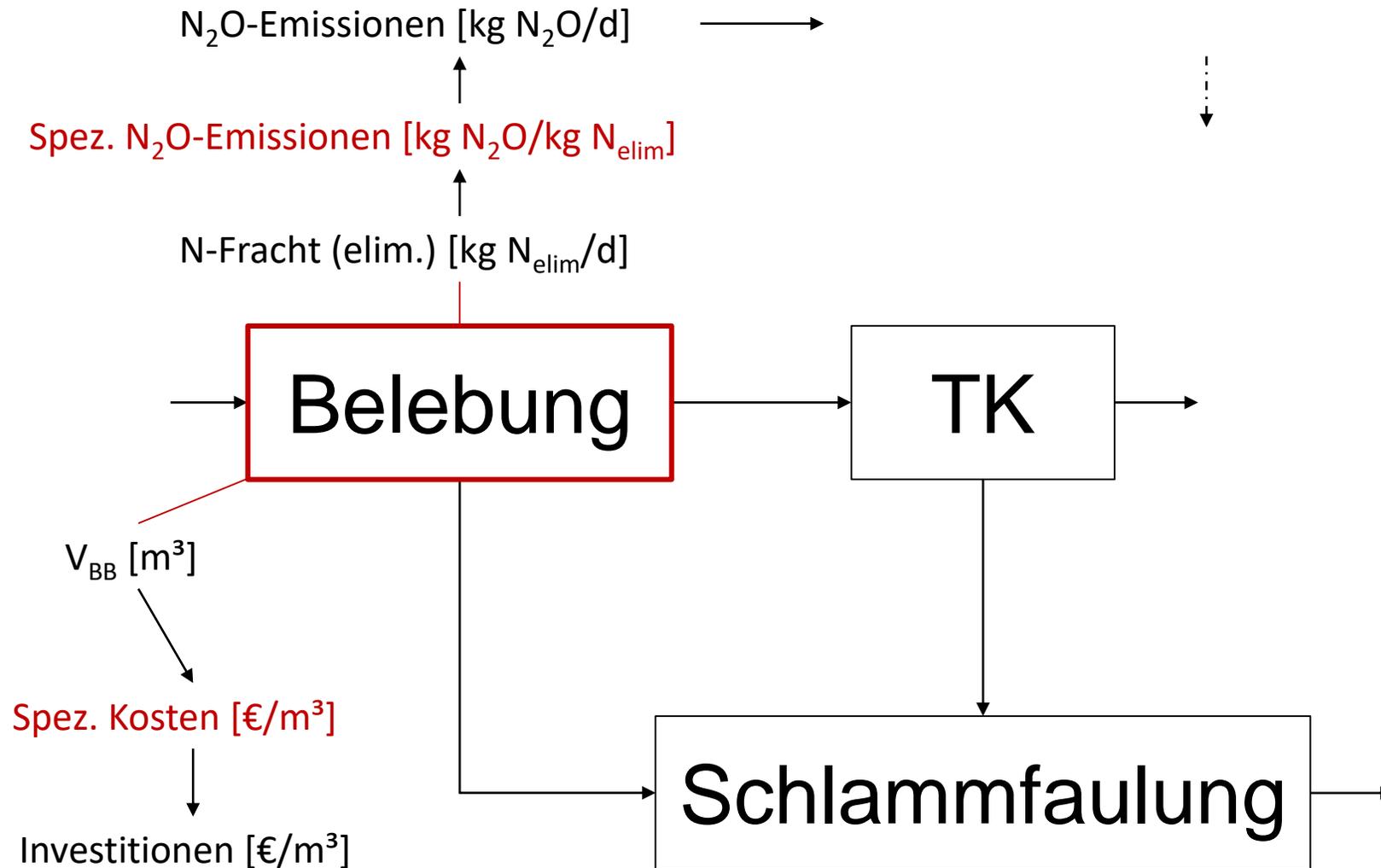


anpassbar
durch Verfahrensgeber
und Methodiknutzer

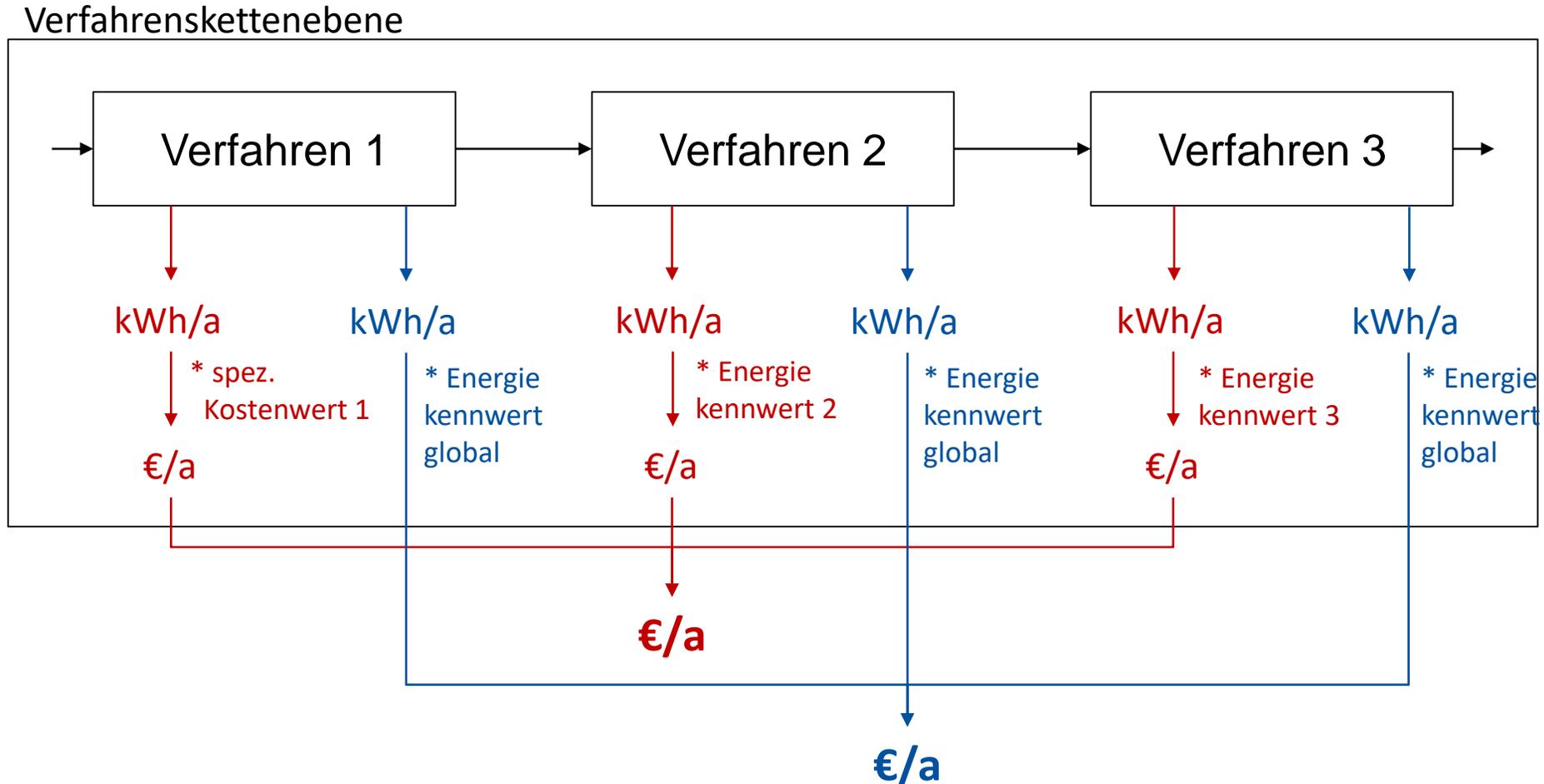
Ökonomisch	Ökologisch (CO ₂ -Footprint)
<u>Investitionen</u>	<u>Direkte Emissionen</u>
Bautechnik	Methan (CH ₄)
Maschinenteknik	Lachgas (N ₂ O)
Elektrotechnik	
<u>Betriebskosten</u>	<u>Indirekte Emissionen</u>
Energie	Energieerzeugung
Personal	Betriebsmittelproduktion
Wartung	Schlamm Entsorgung
Betriebsmittel	Nicht berücksichtigt: Infrastruktur
Reststoffentsorgung	
<u>Betriebsserträge</u>	
Energieerzeugung aus Faulgas	

Siehe auch Beier/Kabisch – Expoplan TP 3
BMBF 02WA1450C

Konzept: lokale Differenzierung über spezifische Kennwerte



Definitionsebene der spez. Kennwerte



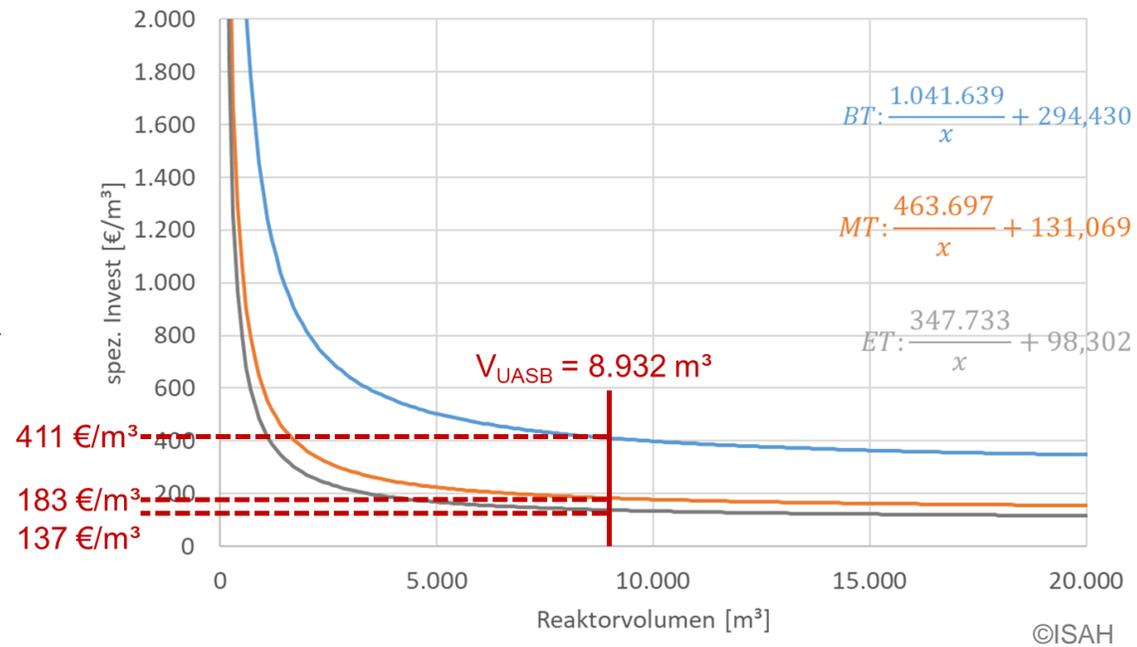
- Muss der spez. Kostenkennwert **lokal** oder **global** definiert werden?
- Werden für unterschiedliche Verfahren unterschiedliche spez. Kennwerte benötigt?

Berechnung der Investitionen

	Investitionen
Was wird bewertet?	<ul style="list-style-type: none"> • Bautechnik • Maschinentechnik • Elektrotechnik <p style="text-align: center; color: green;">Verfahrens- bezogen</p>
Sachbilanz-Ergebnis	Bemessungsgröße [Kostentreiber]
Bewertungskennwert	€/Kostentreiber lokal
Bewertungsgröße	€/a



Beispiel UASB:



Vorgehen: Jahreskostenberechnung

Investitionen

„Investitionsrelevante
Bemessungsgröße“
z.B. V [m³]

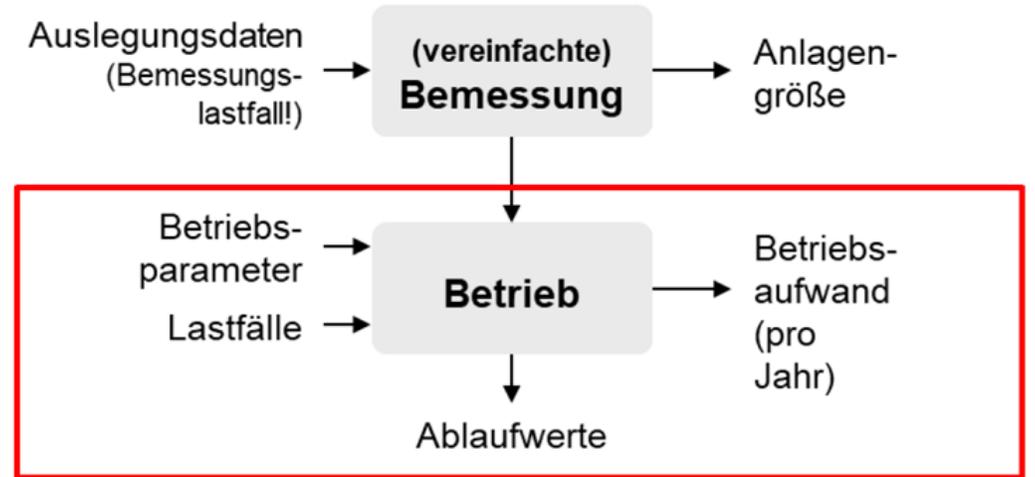
Spezifischer Kostenwert
z.B. in €/m³

Gesamtinvestitionen
BT, MT & ET [€]

KVR-Leitlinien

Nutzungsdauern, Zinsen

Jahreskosten [€/a]

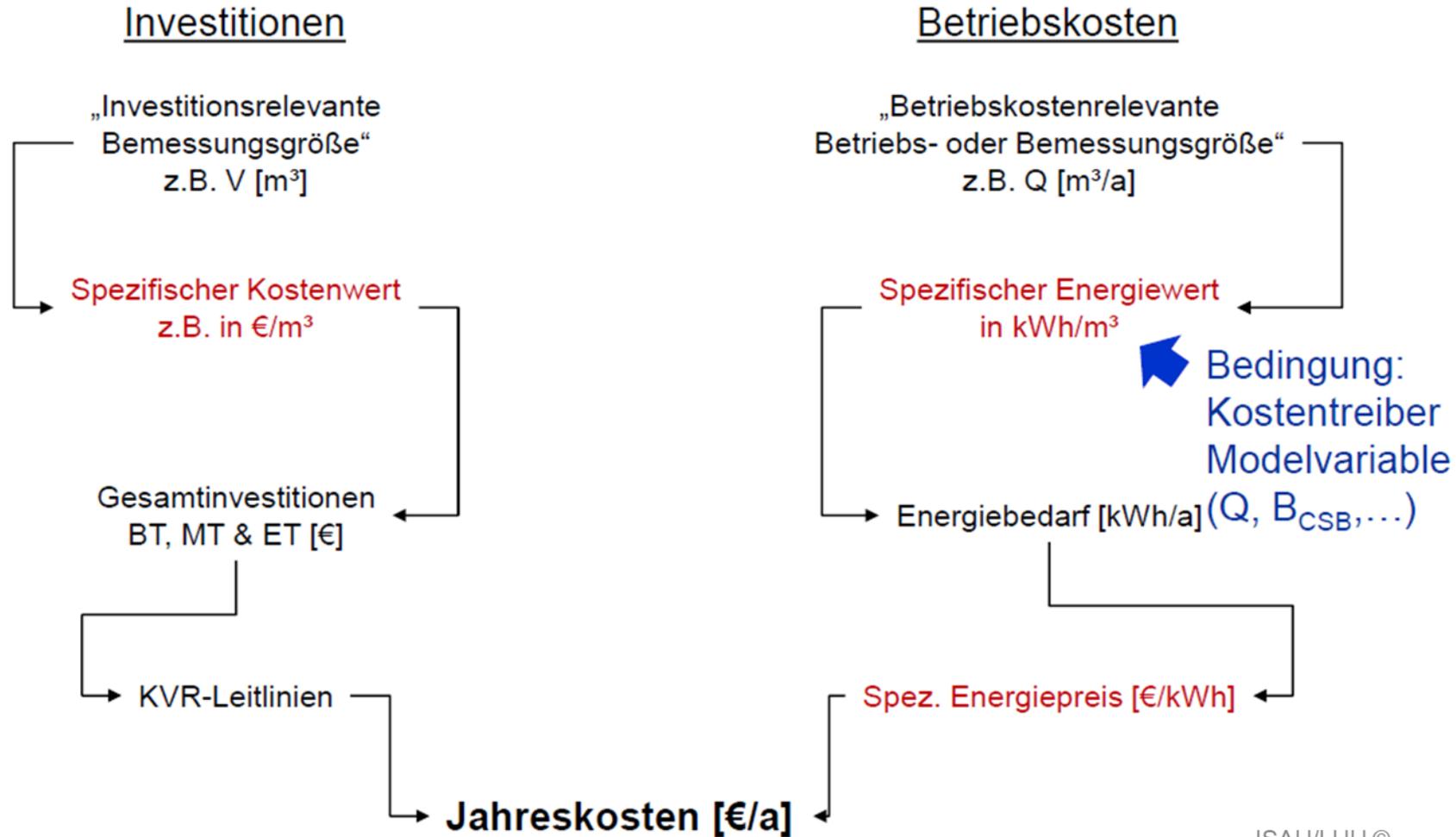


ISAH/LUH ©

Siehe auch Beier/Kabisch – Expoplan TP 3
BMBF 02WA1450C

Vorgehen: Jahreskostenberechnung

Siehe auch Beier/Kabisch – Expoplan TP 3
BMBF 02WA1450C



ISAH/LUH ©

Berechnung der Betriebskosten

Energiebedarf: Berechnung erfolgt über das DWA-Arbeitsblatt 216

- Rührwerke
- Pumpen
- Räumer
- Belüftung Belebung
- Schlammendickung und -entwässerung
- Schlammaufheizung/Transmissionswärmeverluste
- Biogasverwertung

Betriebsmittelbedarf: Berechnung erfolgt über DWA-Merkblätter

- Fällmittelbedarf (DWA-A 202)
- Polymerbedarf (DWA-M 366)

Personalbedarf:

- Abschätzung durch den Anwender in h/a pro Verfahren

Wartungskosten:

- Abschätzung auf Basis der Investitionen in %/a

Schlammensorgungskosten:

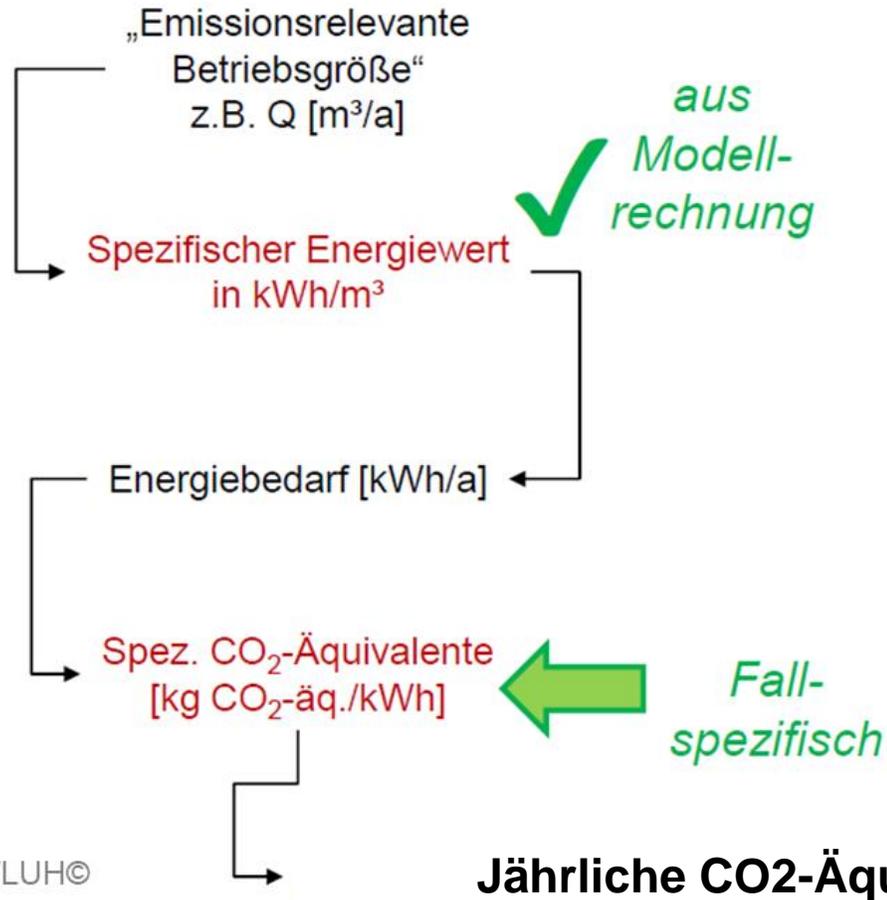
- Festlegung im Entsorgungsmodul in €/t OS, ergibt €/a

Siehe auch Beier/Kabisch – Expoplan TP 3
BMBF 02WA1450C

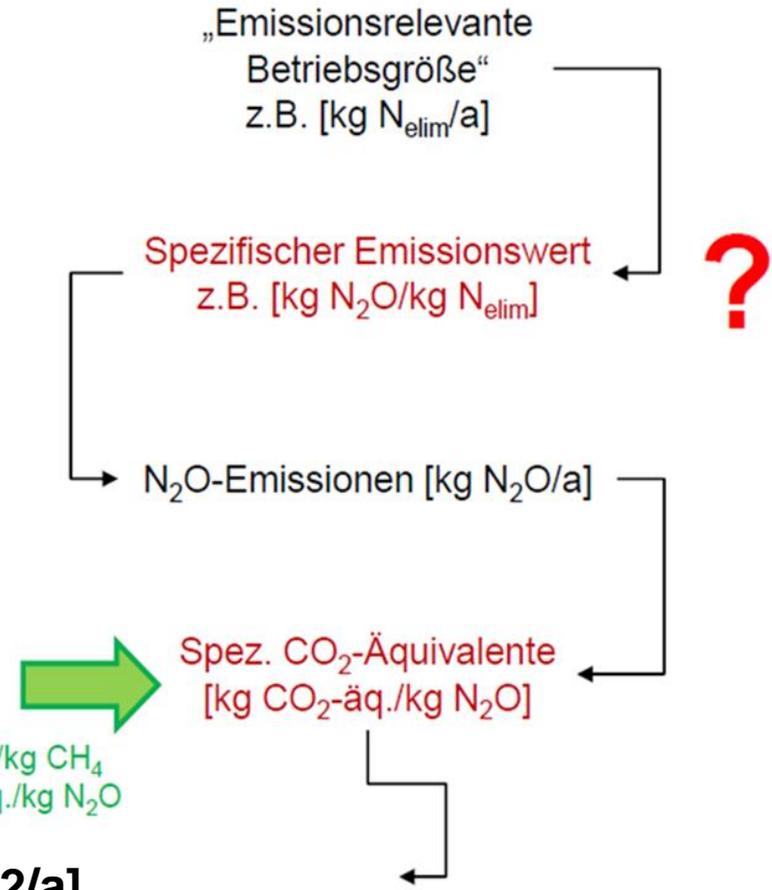
CO₂e-Modell: Aggregation auf Jahreswerte

Siehe auch Beier/Kabisch – Expoplan TP 3
BMBF 02WA1450C

Indirekte Emissionen



Direkte Emissionen



ISAH/LUH©

Dokumentation der Bewertungsgrößen

Beispiel

- modularer Aufbau
- schnell anpassbar + sehr flexibel
- auf viele Anwendungen übertragbar
- erprobte Methodik

VK	UASB	TK	Belebung	Teiche	Entwässerung	Faulung	Schlamm-trocknung	Ent
Investitionen	Investitionen	Investitionen	Investitionen	Investitionen	Investitionen	Investitionen	Investitionen	-
Wartung	Wartung	Wartung	Wartung	Wartung	Wartung	Wartung	Wartung	-
Personal	Personal	Personal	Personal	Personal	Personal	Personal	Personal	-
Energie Räumern	Energie Zulaufpumpe	Energie Zulaufpumpe	Energie Rührwerk	Energie Belüftung	Energie Entwässerung	Energie Zulaufpumpe	Energie Pauschal	Kosten Schlamm-trocknung
Energie Schlamm-pumpe	Energie Gutschrift	Energie Rezi-Pumpe	Energie Rezi-Pumpe	Lachgas Nitrifikation	Polymer-bedarf	Wärmenergie	Methan anaerober Abbau	Lachgas Schlamm-verbrennung
	Methan Ablauf	Lachgas Nitrifikation	Energie RS-Pumpe	Methan anaerober Abbau	Methan Schlupf (bei FS)	Energie Gutschrift		
	Methan Schlupf		Energie Belüftung			Methan Schlupf		
			Lachgas Deni/Nitri					
			Fällmittelbedarf					

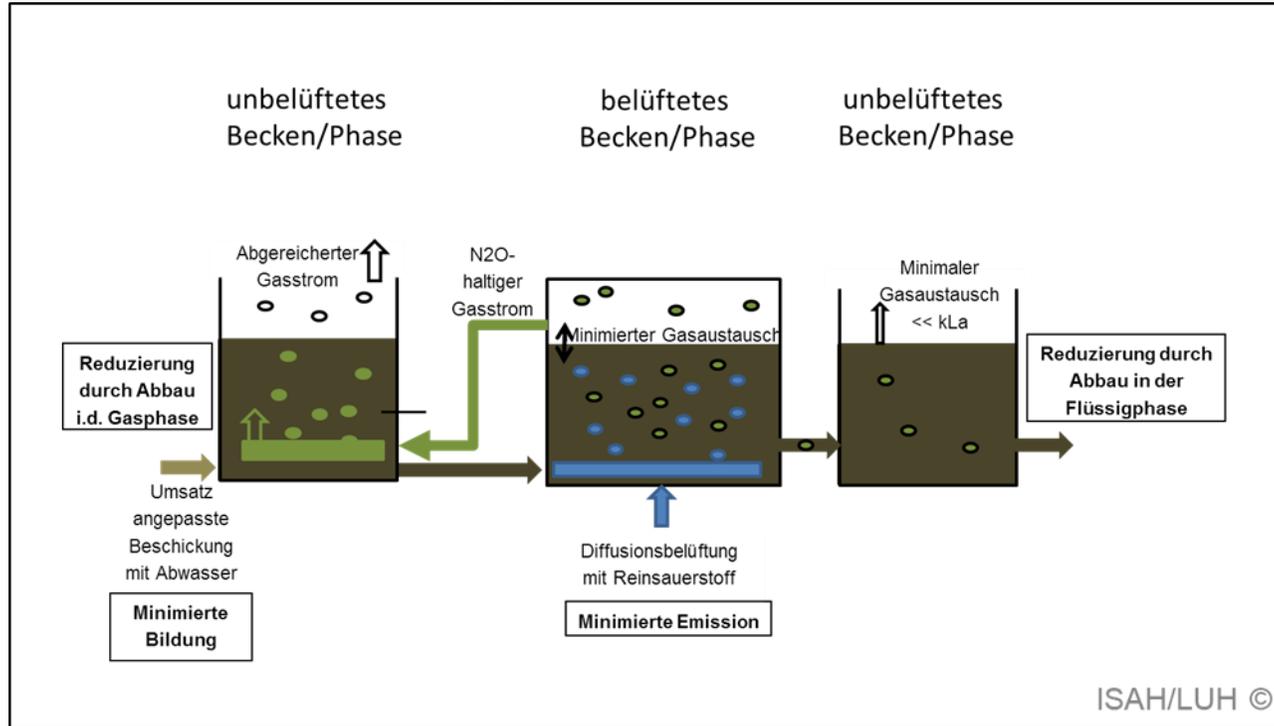
Kosten	Energie		Betriebsmittel	Direkte Emissionen
---------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------



MiNzE-Verfahren

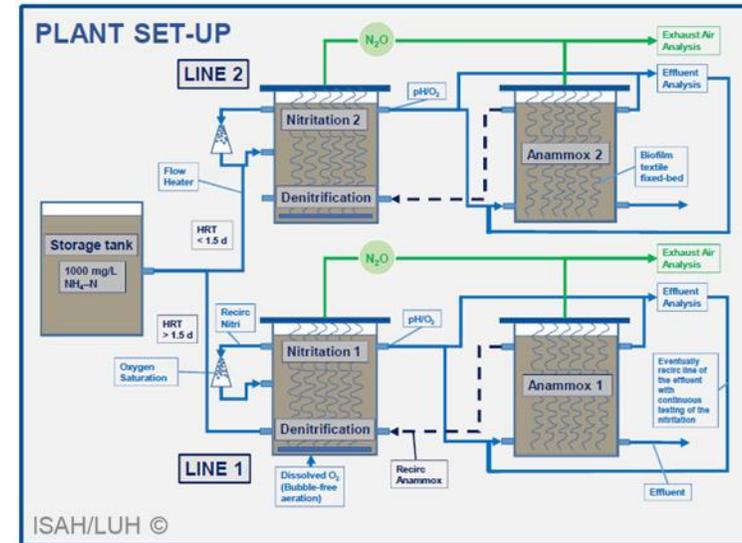


Minimierung $N_{zwei}O$ -Emission im Teilstrom



DFG (RO 1221/13-2): Grundlagenermittlung zur Lachgas-Emission als Nebenprodukt der Deammonifikation & Fortsetzungsprojekt

MiNzE II - Biofilm (BMBF innovativ 2019-21)



BMBF/KMU-innovativ (02WQ1482B):

Minimierung des CO₂-Footprint durch angepasste Verfahrensentwicklung in der Prozesswasserbehandlung Erprobung des MiNzE-Verfahrens im getauchten Festbett

Projektpartner:



GEFÖRDERT VOM



Veröffentlichung eigener Ergebnisse über ein Modellmodul

Vorgehen

- Steckbrief wird erstellt
- Steckbrief und Lizenz werden an das ISAH übermittelt
- Das ISAH prüft den Steckbrief, bei Rückfragen wird der Steckbriefersteller kontaktiert
- Wenn es keine weiteren Rückfragen gibt, überführt das ISAH den Steckbrief in ein Modul
- Das Modul wird durch den Steckbriefersteller geprüft, das ISAH setzt eventuelle Änderungen um
- Wenn der Steckbriefersteller das Modul freigegeben hat, wird das Modul veröffentlicht
- Der Steckbrief sowie ggf. weiterführende Unterlagen werden über die Datenbank der LUH veröffentlicht (Verlinkung im Modul)

Grün: durch den Steckbriefersteller zu erledigen

Vorgehen RePhoR

Modulbibliothek

Verfahrensspezifische Kennzahlen

→ Zusammenstellung + Hinterlegung in den Modulen

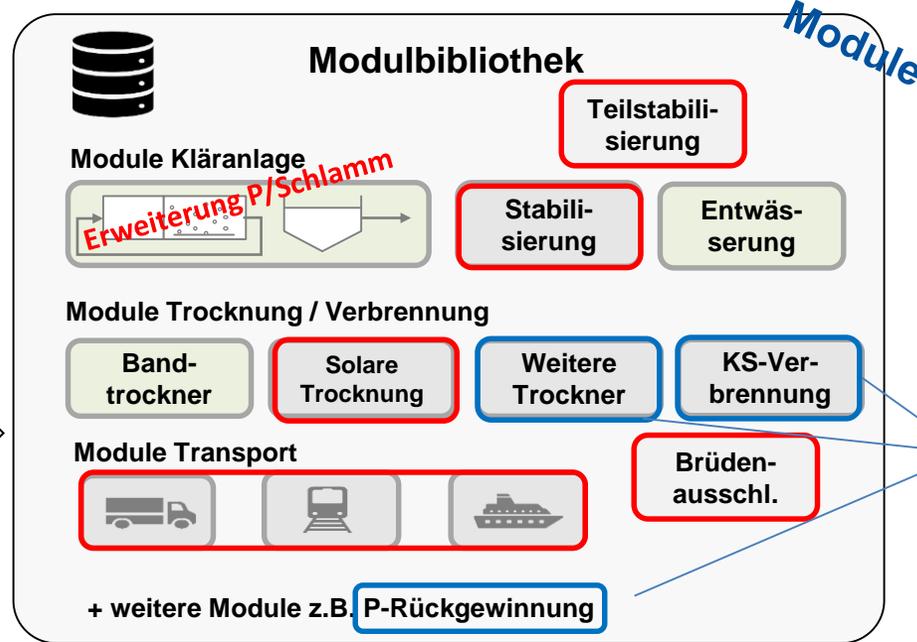
Zum Beispiel:

- Reinigungsleistung/Wirkungsgrade/ Abbaugrade
- P-Rückgewinnungsquote
- spez. Strombedarf [kWh/kg Durchsatz]
- spez. Wärmebedarf [kWh/kg Wasserverdampfung]
- spez. Betriebsmittelbedarf [kg/m³ Schlamm]
- ...

Standort- bzw. betriebsspezifische Kennzahlen und Informationen

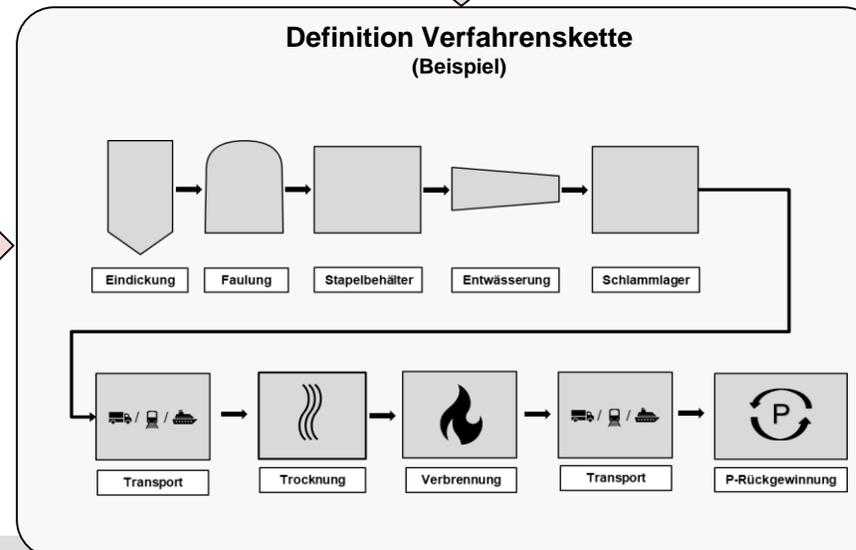
Zum Beispiel:

- P-Eliminationsverfahren
- Entwässerungsgrad
- Schlammengen und -qualitäten (TR, oTR, P-Gehalt, Heizwert, ...)
- spez. Kosten (Strom, Wärme, ...)
- CO₂e Strommix [g CO₂e/kWh]
- Invest, Abschreibungszeiträume
- Vorhandene Anlagentechnik
- Entfernungen, Verkehrsanschluss
- ...



RePhoR-Partner

Bilaterale Kontaktaufnahme mit Verfahrensgeber durch ISAH März/April '24
→ WS 2
„Sichtung der Module“



Modellunterstützte Szenarienanalyse

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Transfer-Workshop „ISAH-Modul-Bibliothek“

04.März 2024, 9:00 – 11:00, Online



RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING



Dr.-Ing. Maike Beier
Projektleitung
beier@isah.uni-hannover.de
Tel.: 0511 762 2898



Arne Freyschmidt
Modellierung
freyschmidt@isah.uni-hannover.de
Tel.: 0511 762 2898



Torben Martens
Energiemodell
martens@isah.uni-hannover.de
Tel.: 0511 762 12291



Johannes Reiter
Nährstoffe
reiter@isah.uni-hannover.de
Tel.: 0511 762 2898



Kasra Saadlou
KA-Betrieb, Modellierung
saadlou@isah.uni-hannover.de
Tel.: 0511 762 2898



Dr.-Ing. Sabrina Breitenkamp
Bewirtschaftungstool
breitenkamp@ressourcen-effizienz.pro
<http://www.ressourcen-effizienz.pro>
Tel.: 05223 6547053



...auf gute Zusammenarbeit

B INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP

