

Water-Energy-Nexus Kläranlagen als Nettoenergieeinspeiser?

Interuniversitäre Online-Ringvorlesung „Energie
und Wasser als Schlüsselthemen der
Transformation

Carl Fritsch
06. Januar 2026

Transferinstitut für Forschungs- und Beratungsleistungen rund um die Wasserwirtschaft

- **Wir bringen neue Forschungsergebnisse in die praktische Anwendung** – dafür sind wir als von Akteuren der Wasserwirtschaft getragener gemeinnütziger Verein und An-Institut der RWTH Aachen prädestiniert.
- Wir bieten **individuelle Beratungsleistungen** für die Bedürfnisse unserer Kunden und Partner.
- Mit unserer Arbeit leisten damit einen Beitrag zur **Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz unserer Branche.**

40+ MitarbeiterInnen (34 VZÄ)	rd. 70:30 Forschung- zu Beratungsleistungen	rd. 50 laufende Forschungs- und Beratungsprojekte	13 Pilotanlagen in Planung, Bau, Betrieb 2019–25	50+ Veröffentlichungen pro Jahr
	6 laufende Promotionen von Mitarbeitenden		754 Projekttag in Afrika 2021–24	



ABWASSER >



ENERGIE >



STOFFKREISLÄUFE >



VERANLAGUNG >


 Forschung.
 Transfer.
 Nachhaltigkeit.



KLIMAFOLGENANPASSUNG >



GEWÄSSER & WASSERGÜTE >



DIGITALISIERUNG >



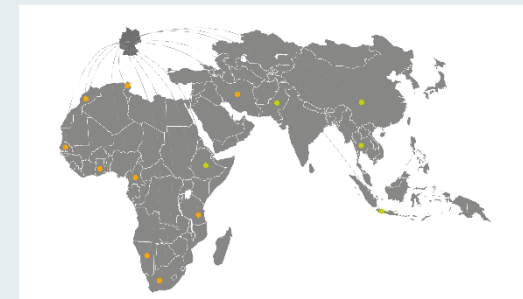
RESSOURCENEFFIZIENZ >



NACHHALTIGE ENTWICKLUNG >

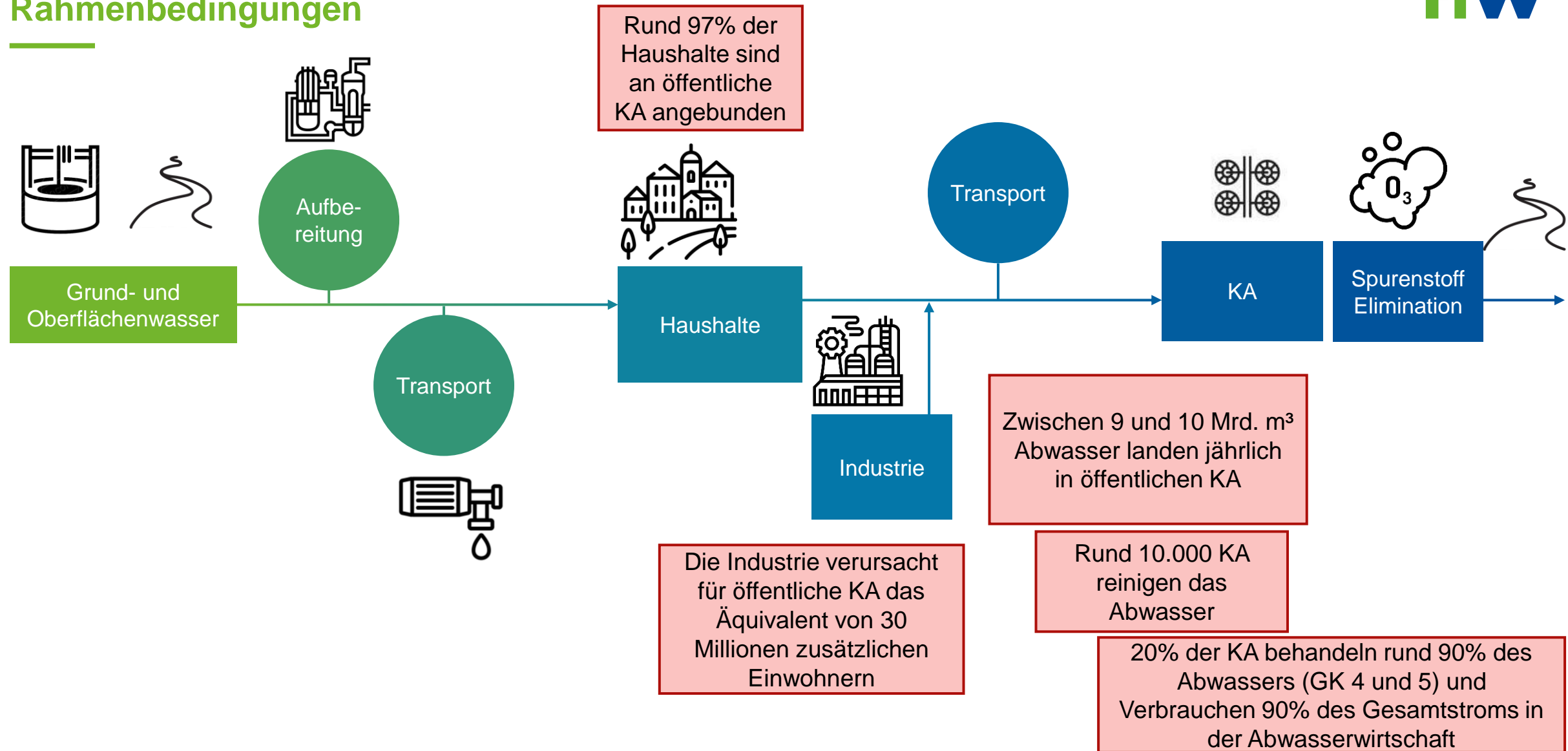


AUS- & FORTBILDUNG >



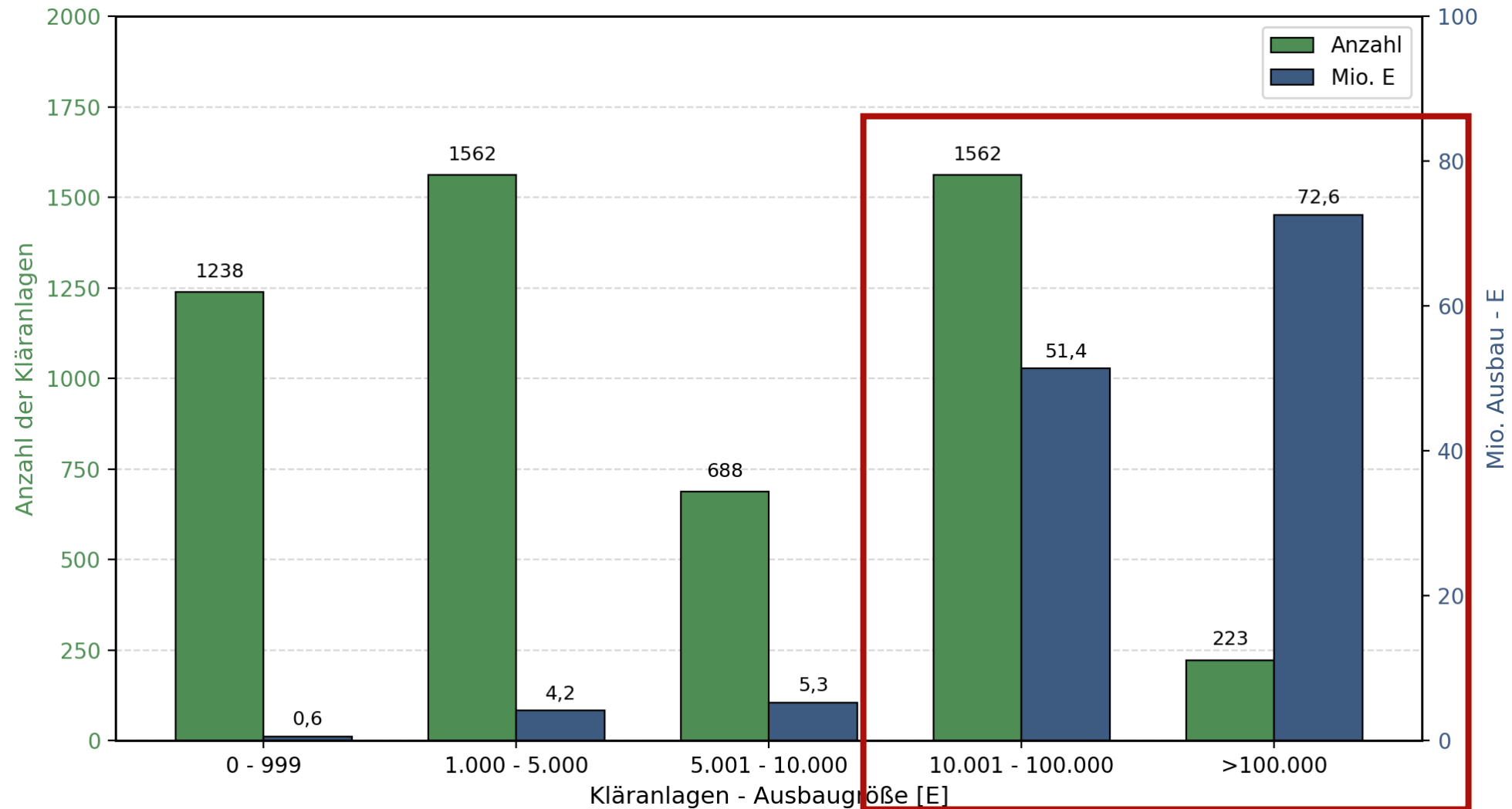
Wasserkreislauf

Rahmenbedingungen



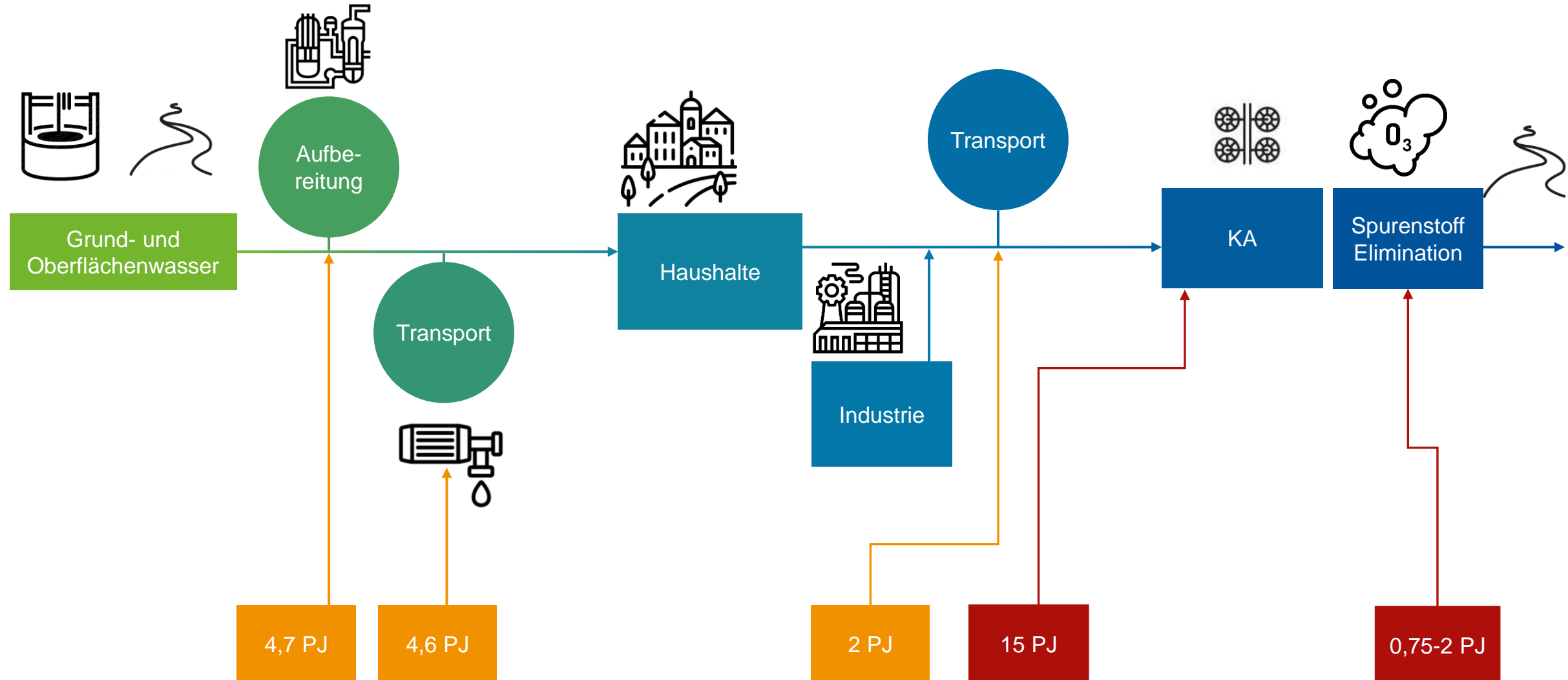
Kläranlagen

Ausbaugröße und assoziierter Energieeinsatz in der Wasserbehandlung

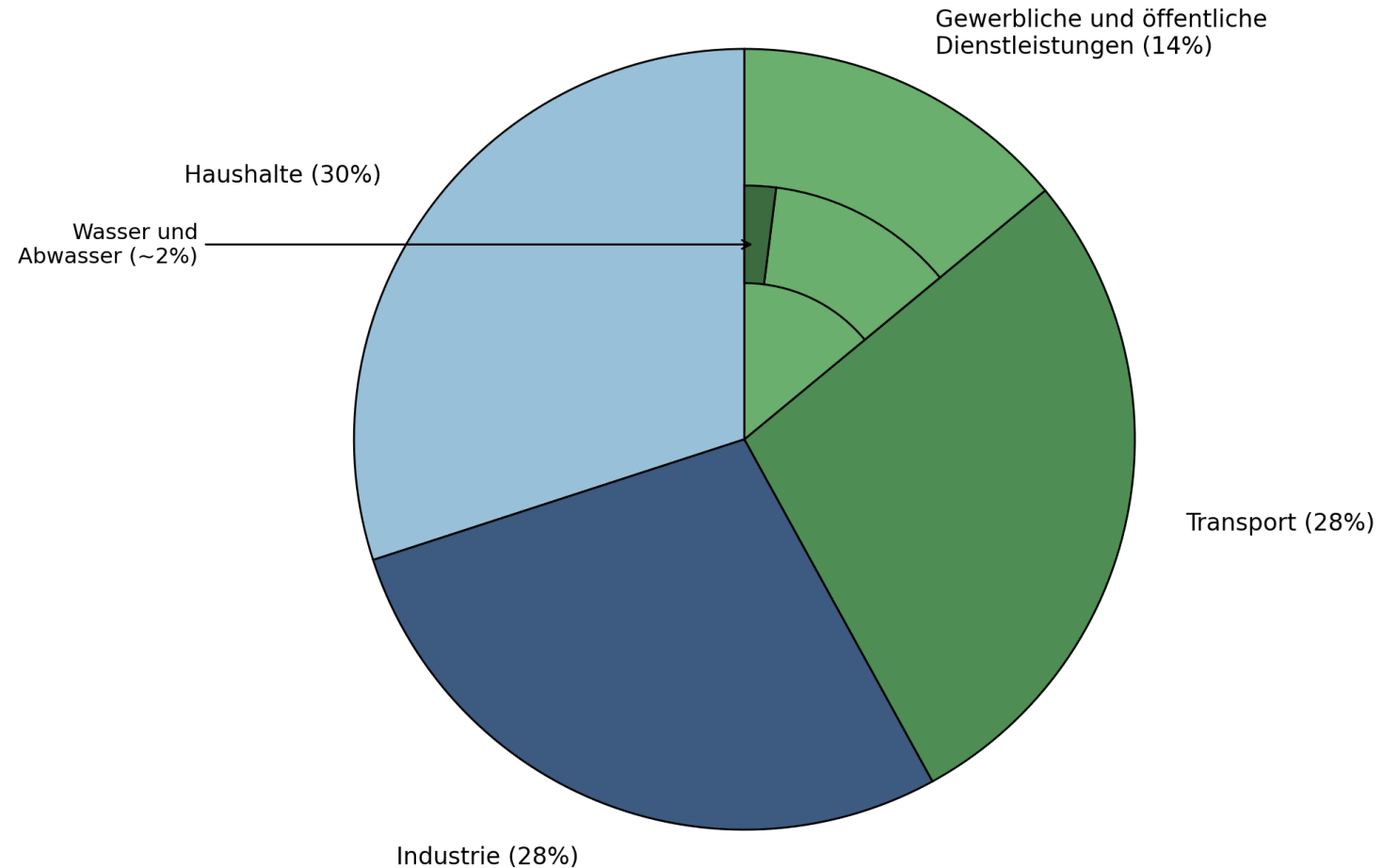


Stromeinsatz im Wasserkreislauf

Status-Quo und Chancen

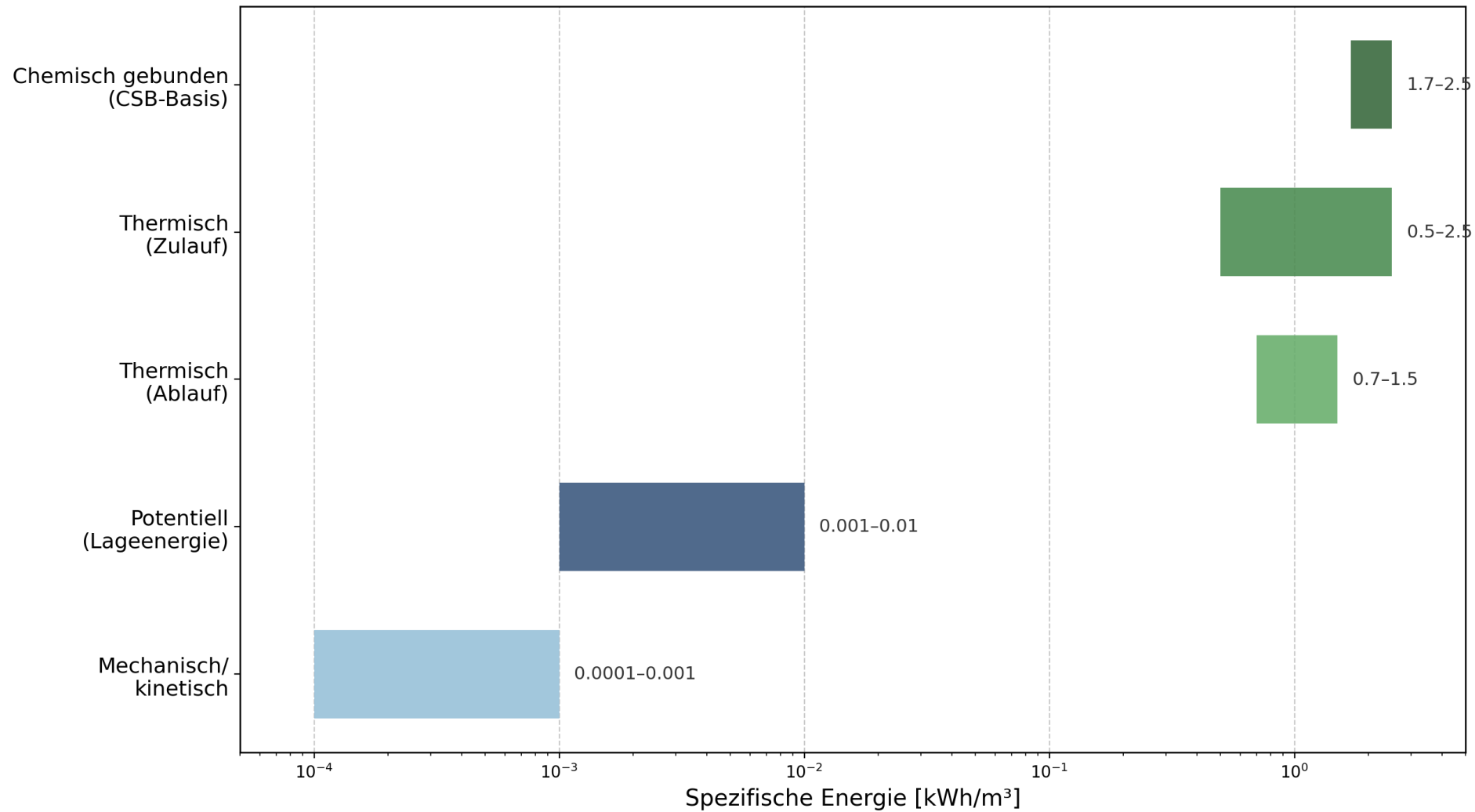


- Gewerbliche und öffentliche Dienstleistungen umfasst weitestgehend die kommunalen Aktivitäten in Deutschland
- Rund 14% des Endenergieverbrauchs werden durch diese Aktivitäten verursacht (Trennung nicht immer scharf, da kommunale Akteure teilweise auch Transport- und Haushaltsdienstleistungen erbringen)
- Rund 2 % des Endenergieverbrauchs werden durch Wasserver- und Wasserentsorgung/Abwasserbehandlung verursacht. (Rund 1% des deutschen Stromverbrauches fließen in die kommunale Abwasseraufbereitung – 4,4 TWh/a)



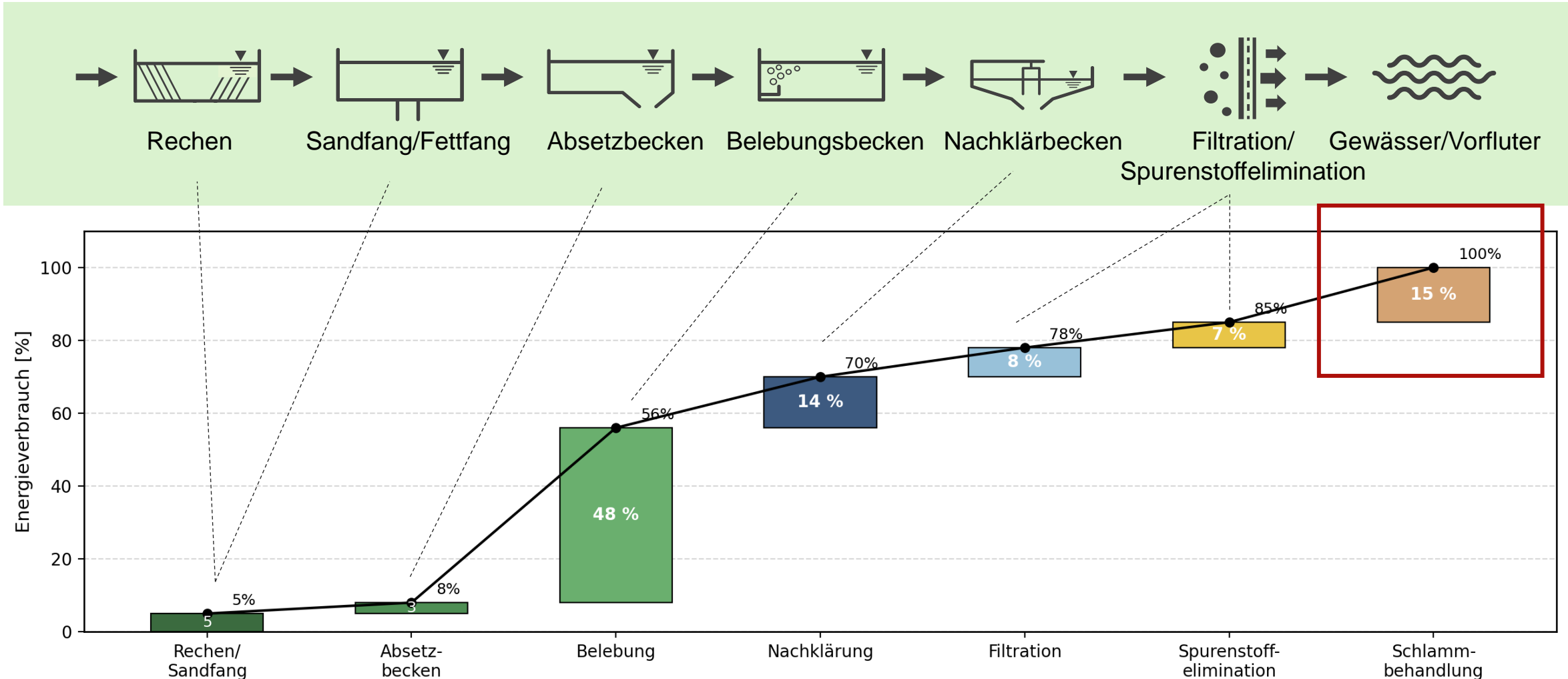
Energiegehalt Abwasser

Abwasser steckt voller Energie, die technisch genutzt werden kann



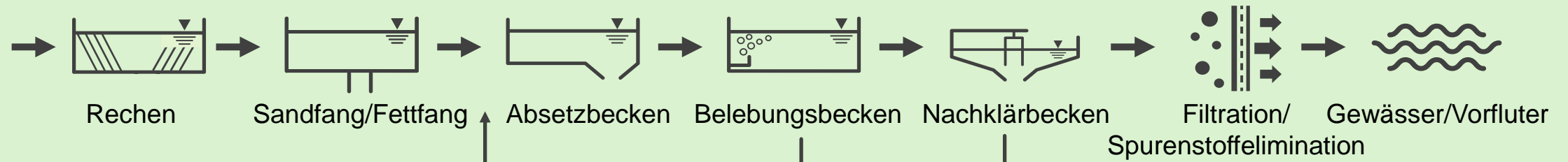
Energieeinsatz auf Kläranlagen

Energieverbrauch einer „typischen“ Kläranlage in Deutschland



Energieproduktion auf Kläranlagen - Schlammmpfad

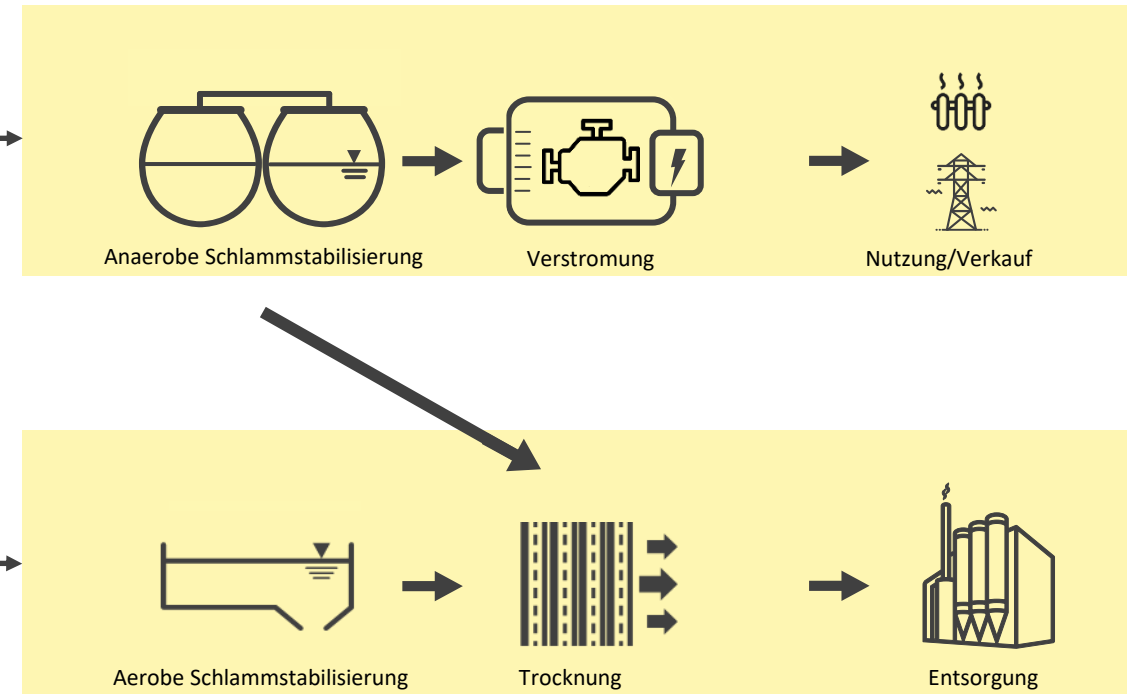
Der Angelpunkt der Eigenenergieproduktion von Heute



Energiemanagement

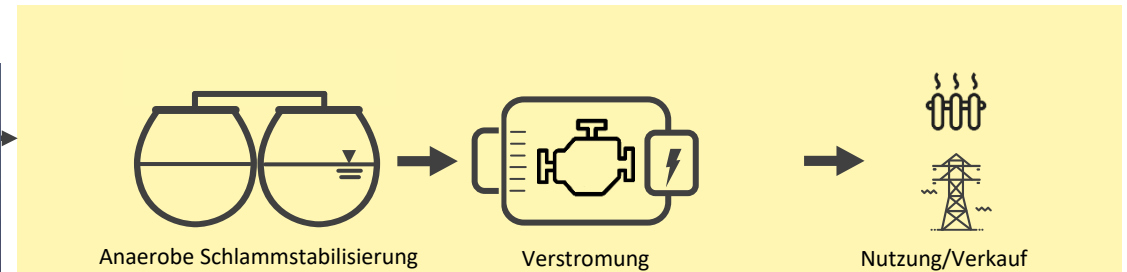
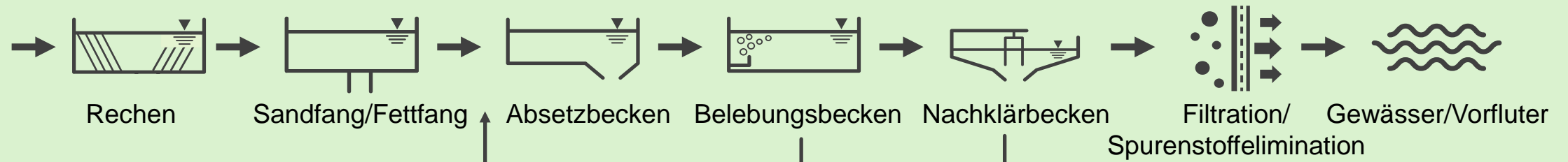
=

Stoffstrommanagement auf KA



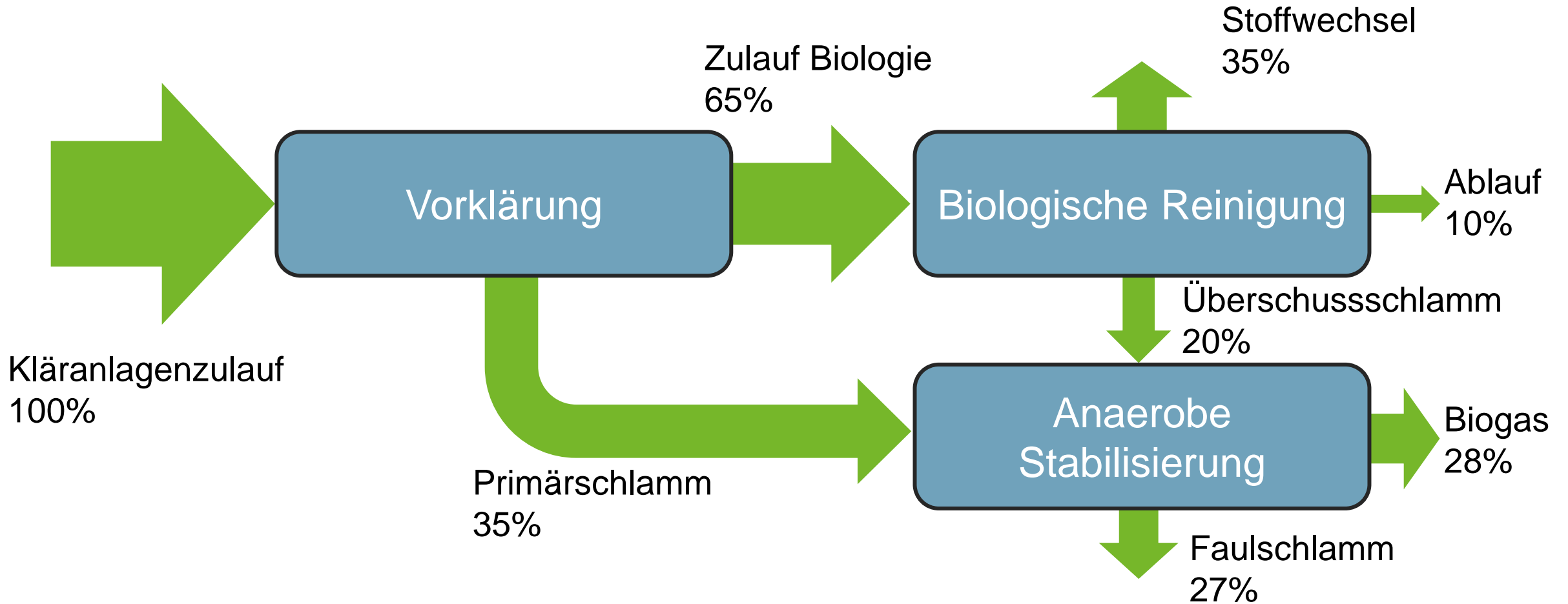
Energieproduktion auf Kläranlagen - Schlammmpfad

Der Angelpunkt der Eigenenergieproduktion von Heute



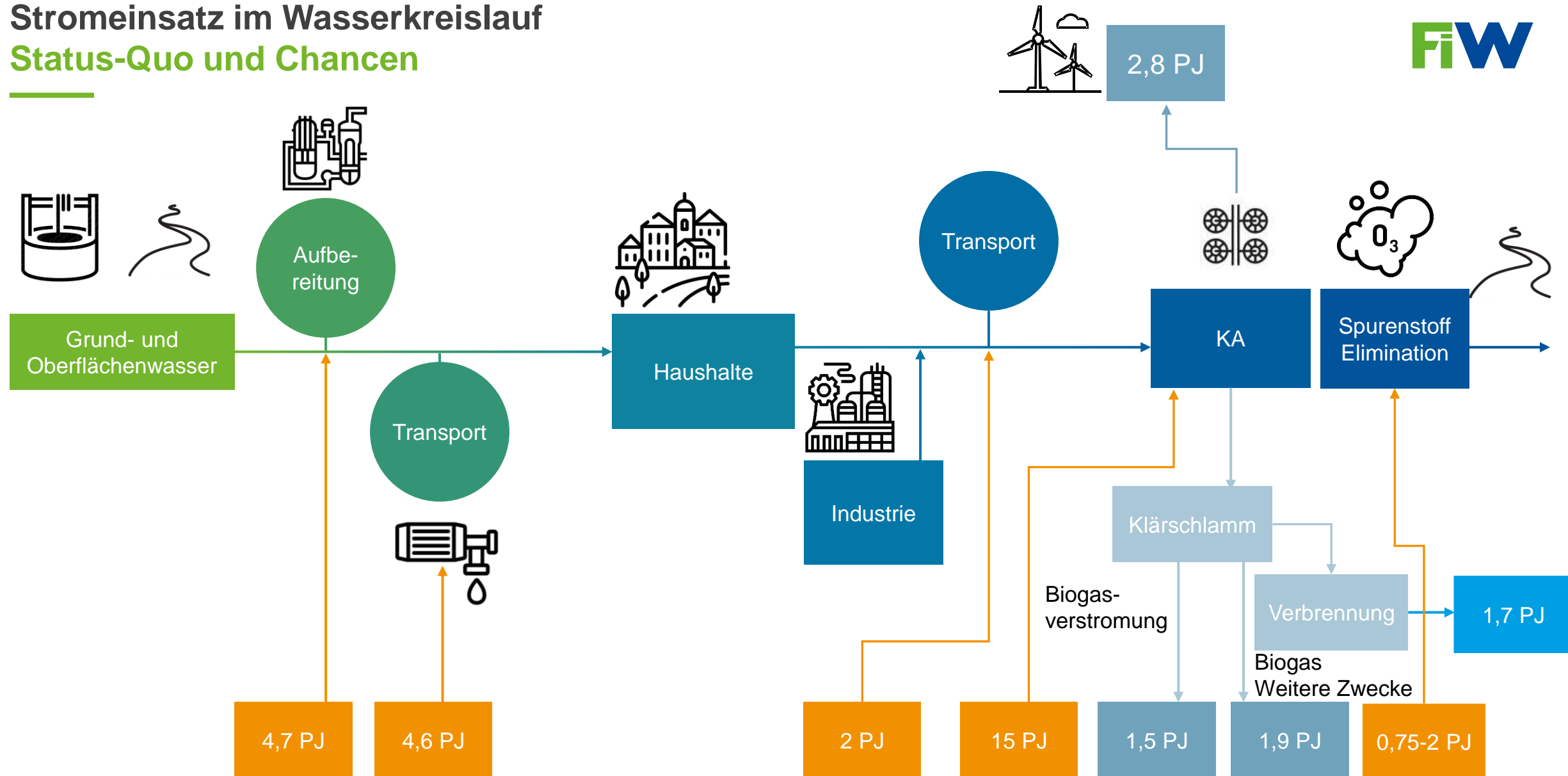
Energieerzeugung in der Abwasserreinigung

Das heutige Energiesystem der KA beruht auf chemisch gebundener Energie



Stromeinsatz im Wasserkreislauf

Status-Quo und Chancen



Regulatorische Rahmenbedingungen für Energieerzeugung und Vertrieb

Vertrieb oder Eigenverbrauch



- Kläranlagen fallen unter die kommunale Daseinsvorsorge gemäß § 56 Abs. 1 WHG, wonach Abwasserbeseitigungspflichtige (meist Gemeinden) diese Aufgabe übernehmen müssen.
- Energieverbrauch von Kläranlagen (rund 25–70 kWh/(EW·a)) unterliegt § 60 WHG (nach anerkannten Regeln der Technik) und seit vergangenen Jahr der novellierten EU-KARL (Kommunalabwasserrichtlinie)
 - bis 2045 Energieneutralität (20% EE bis 2030).
 - Nationale Umsetzung bis 2027
 - betrifft Anlagen >10.000 EW
- Eigenenergie (z. B. Biogas/Klärschlamm) ist gesetzlich vorgeschrieben nach § 60 WHG und EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) für die energetische Verwertung. Kläranlagen qualifizieren als EEG-Anlagen; Eigenverbrauch priorisiert, Zertifizierung >135 kW nötig.
- Vergütung für überschüssigen Eigenstrom möglich nach EEG § 33 (früher Eigenverbrauchsvergütung, bis 500 kW, reduziert auf rund 12–16 Ct/kWh). Selbst erzeugter/verbraucher Strom aus Biogas/Klärschlamm bleibt bisher steuerfrei (Stromsteuergesetz-Erneuerbare – Novellierung des Stromsteuergesetzes sieht Wegfall der Steuerfreiheit für Anlagen größer 2MW vor)
- Kommunen dürfen Überschussstrom verkaufen, als EEG-Anlagenbetreiber ans Netz einspeisen und vergüten lassen. Keine grundsätzlichen Verbote; EEG gilt, EEG-Umlage auf Eigenverbrauch umstritten, aber Verkauf erlaubt unter Kostendeckungsprinzip.

- Für die Einspeisung von Strom in das Netz fallen Netzentgelte nach EnWG §§ 3, 4, 19 an. Diese hemmen, auch bei Unternehmensinterner Stromnutzung/bilanzieller Stromnutzung die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Netzeinspeisung von Strom.
 - Batteriespeicher sind sinnvolle, wirtschaftliche Alternative
- Der Verkauf von Wärme oder Gas aus Kläranlagen (KA) unterliegt ähnlichen regulatorischen Einschränkungen wie Strom, jedoch mit spezifischen Förderungen durch KWKG und WPG. Als Daseinsvorsorge-Aufgabe (§ 56 WHG) muss Vertrieb kostendeckend bleiben, ohne Gewinnerzielung.
- Biogas aus Klärschlammvergasung darf vermarktet werden (§ 60 WHG, AbfKlärV), unterliegt EEG/KWKG-Vergütung bei Einspeisung. Genehmigung via BImSchG nötig; Phosphorrückgewinnungspflicht ab 2032 (>50.000 EW) erschwert Projekte. Kommunalen Vertrieb kostendeckend, sonst Subventionsverbot (§ 55 WHG).
- **Genehmigungen (§ 4 BImSchG + WHG):** Emissionsprüfungen (NOx, Geruch) verzögern Installation.
- **Wärmeplanungspflicht (§ 4 WPG):** Bis 2044 100% EE in Netzen, Fahrpläne für Ausbau erforderlich.
- **Kostendeckung (§ 55 WHG):** Überschussverkauf nur ohne Gewinn, steuerrechtliche Abstimmung (UStG/StromStG).

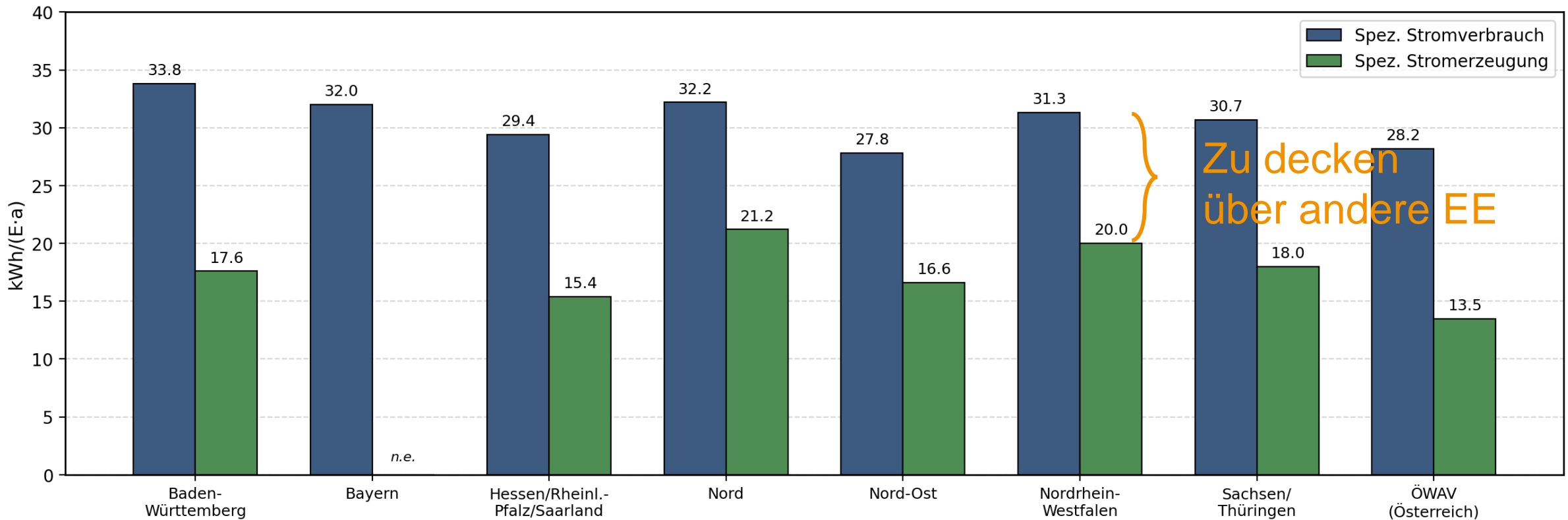
Energiemanagement auf Kläranlagen

Energieeinsatz und Energieproduktion im Kontext der Abwasseraufbereitung

Fokus Strom

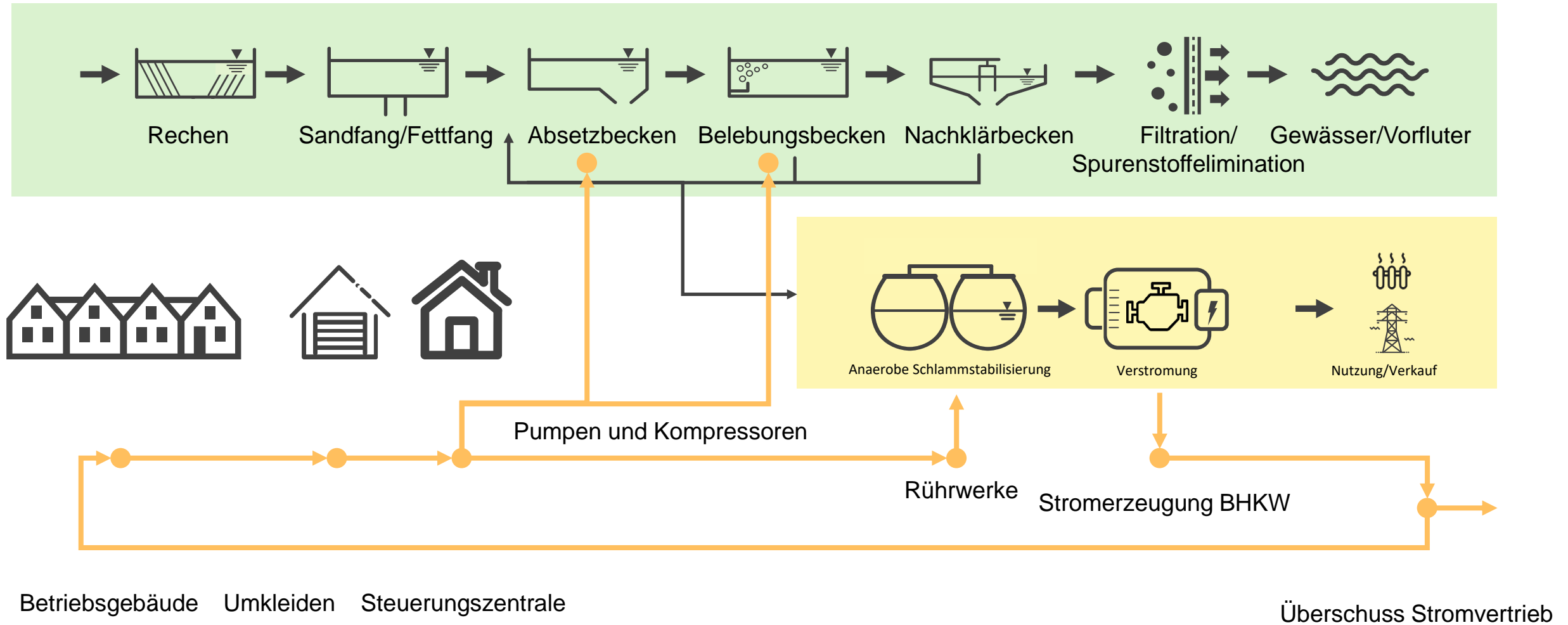
Stromproduktion auf Kläranlagen

KA erzeugen schon jetzt einen großen Teil des benötigten Stroms selbst



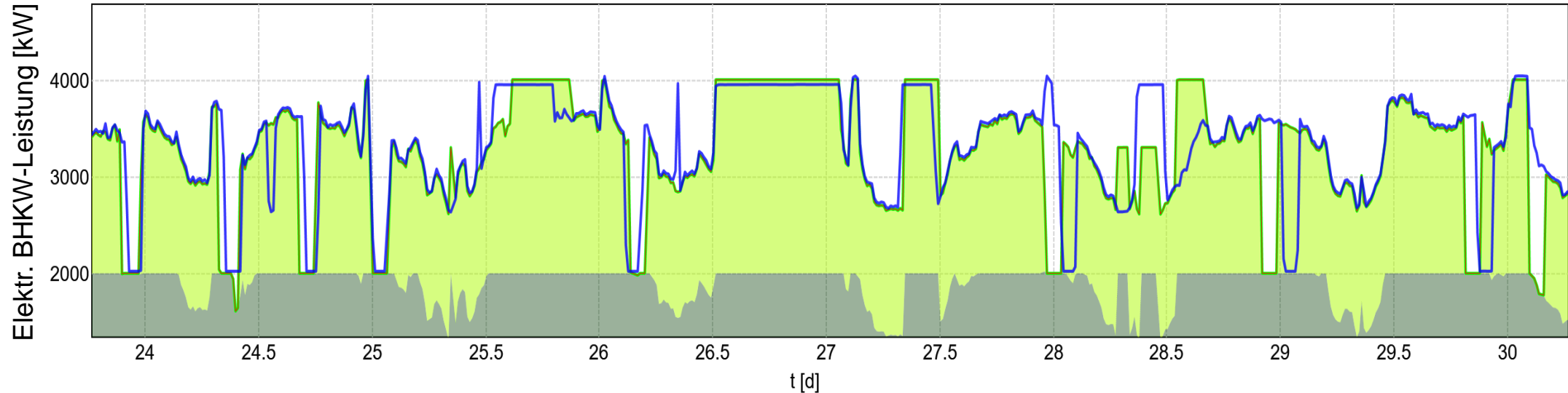
Strominfrastruktur KA

Erzeugung und Verbrauch



Dynamisierung des Energiesystems der Kläranlage

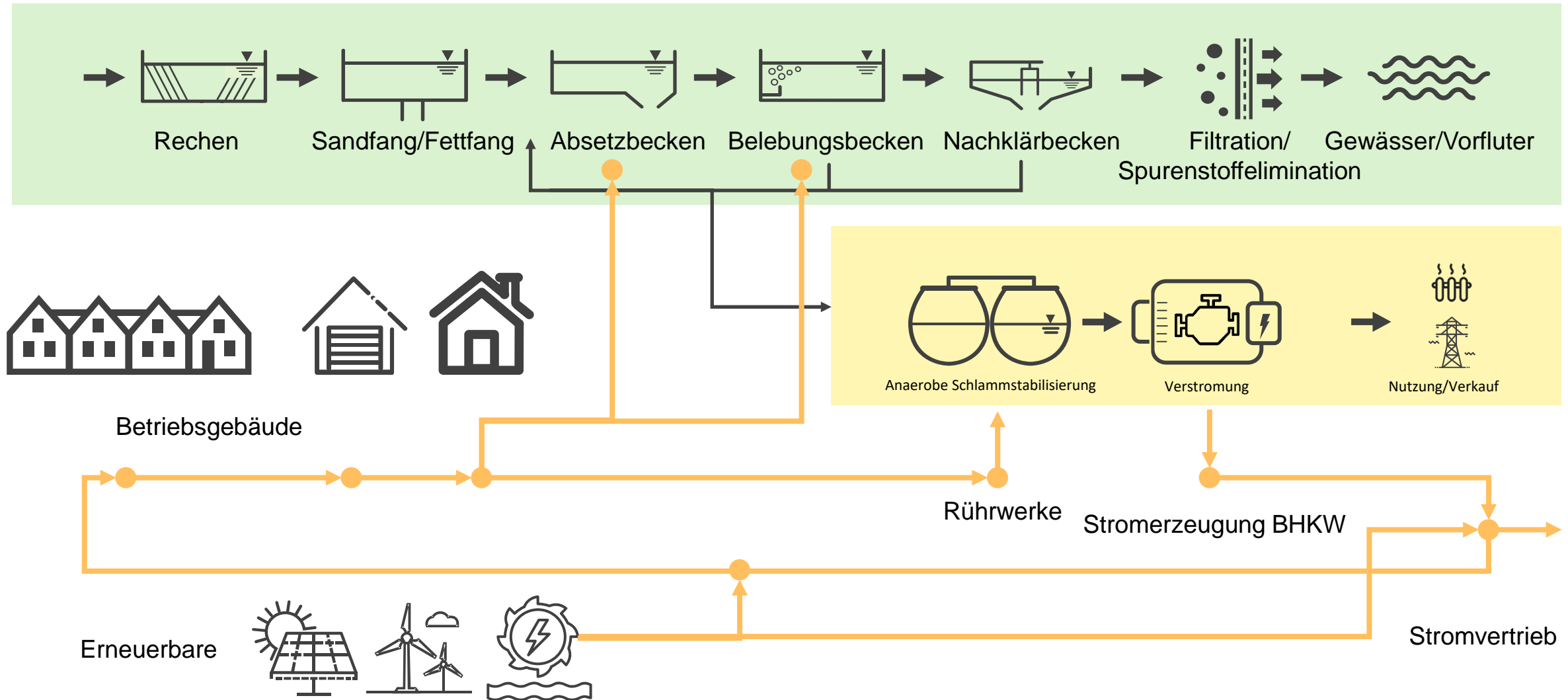
Von Grundlasterzeugung mit Netzbezug zu Multi-Einspeiser Systemen



Ein BHKW oder der Netzstrombezug (hellgrün) bedienen die Lastschwankungen des Klärwerks,
ein weiteres BHKW fährt im Grundlastbetrieb (grün)

Strominfrastruktur KA

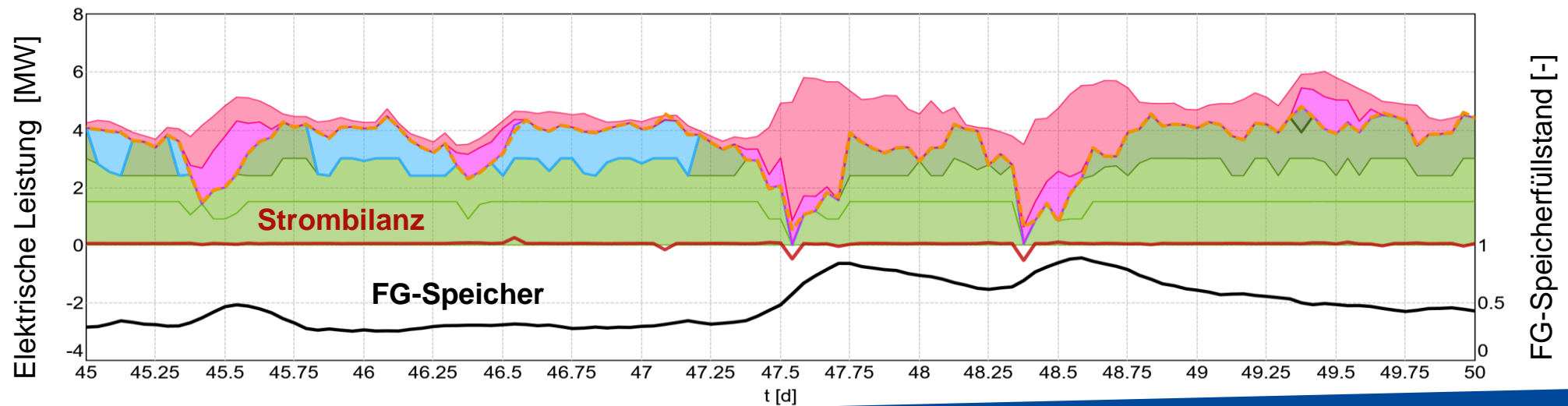
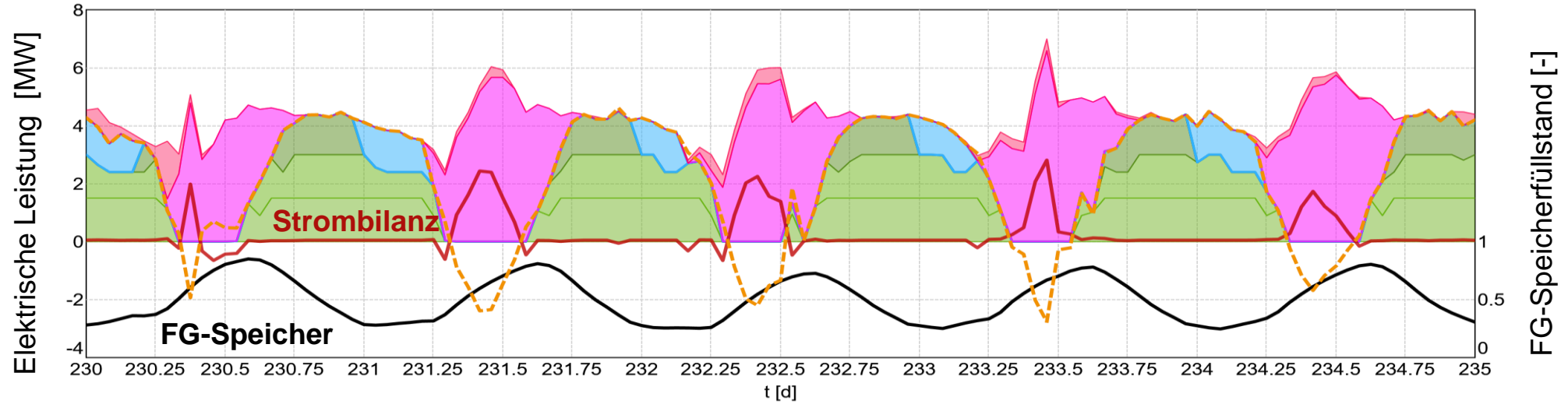
Erzeugung und Verbrauch



Sommer- und Winterlastgänge einer GKA mit nahezu 100% Eigendeckung

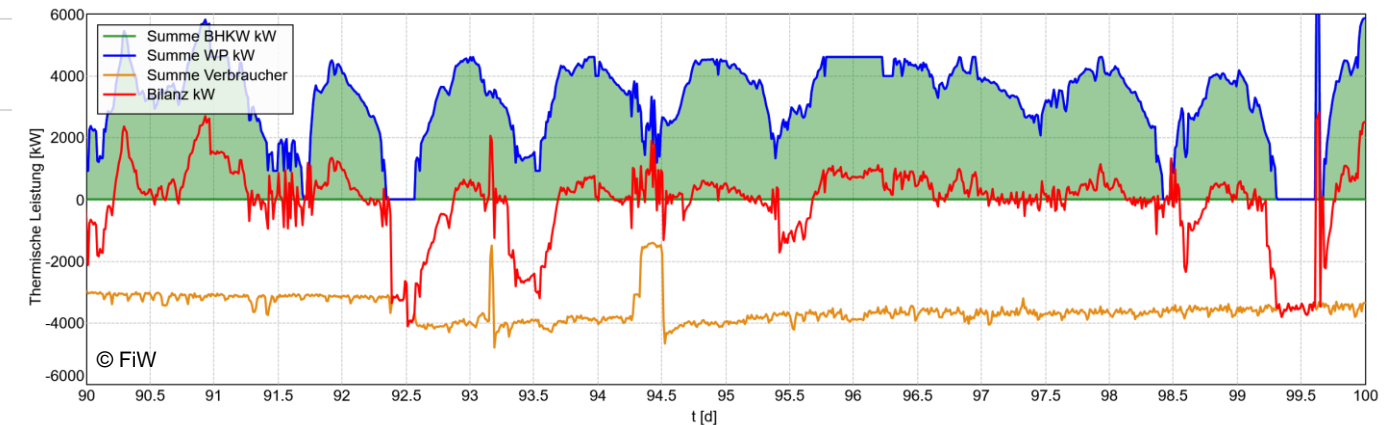
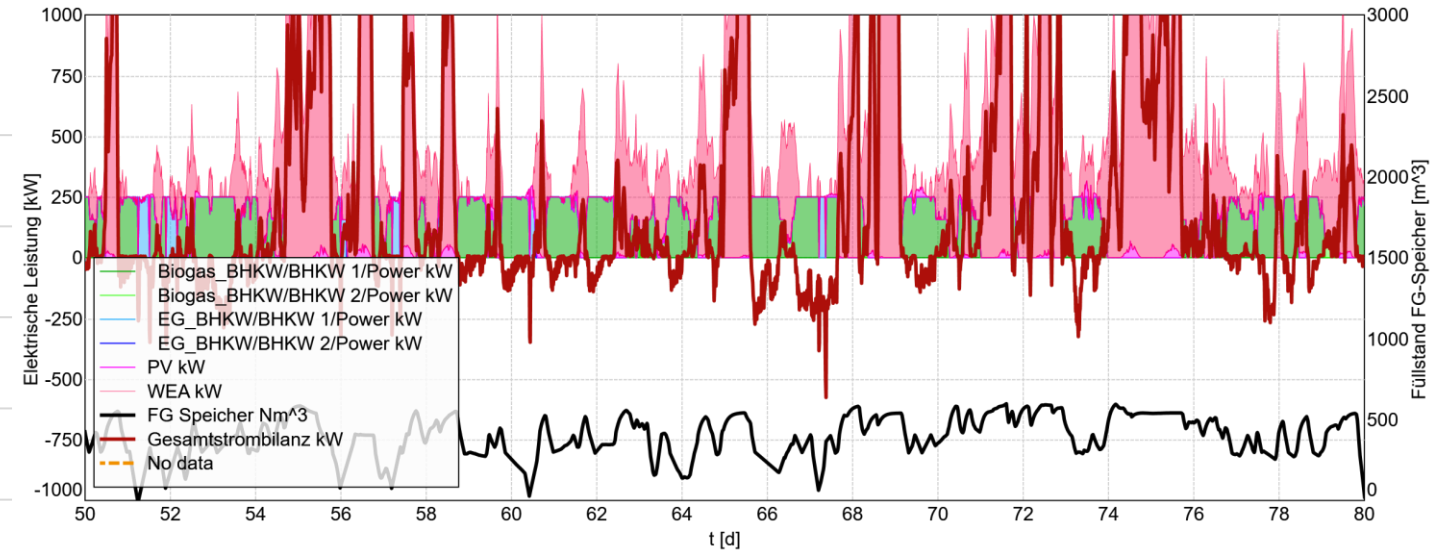
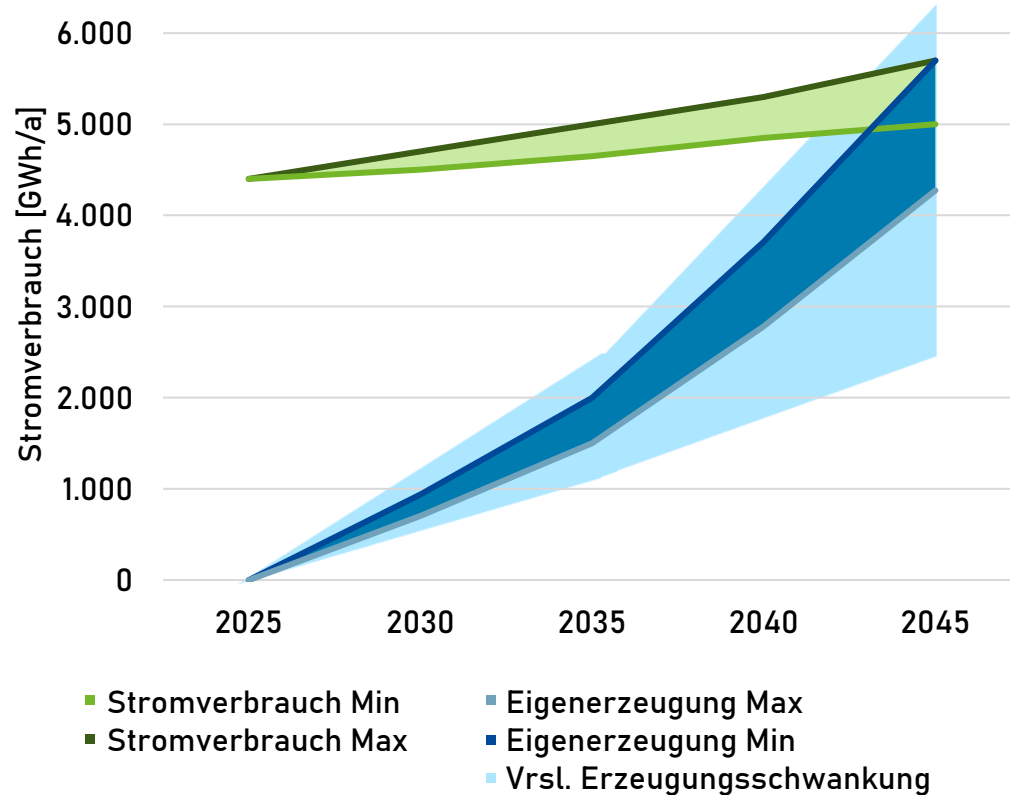
Die KA als Netto-Einspeiser

Faulgas  Erdgas  8 MWp  4,1 MW 

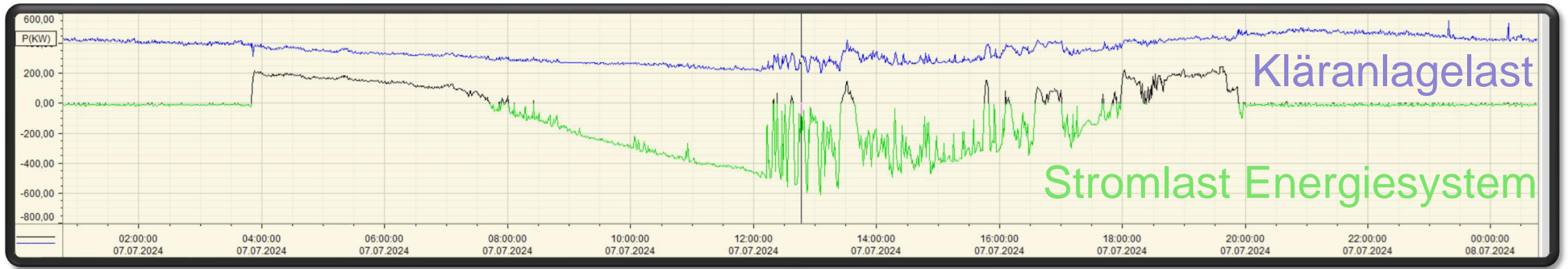


Stromproduktion auf Kläranlagen

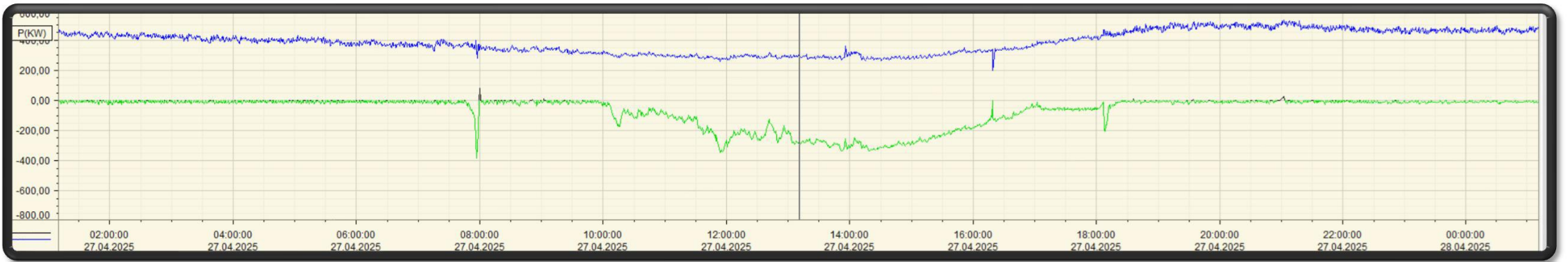
2045 erzeugen Abwasseranlagen jährlich bis zu 800 GWhel Überschussleistung



Lastflexibilisierung und Verstetigung Instrument für die Überschussoptimierung



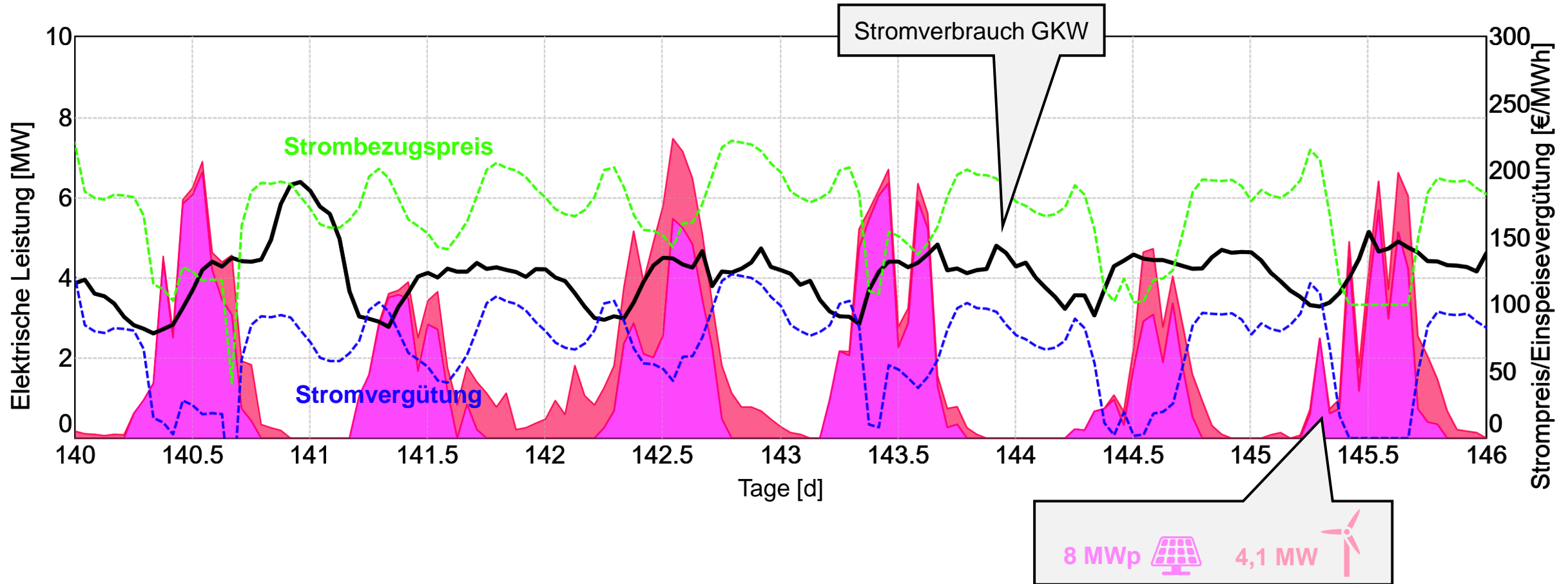
Regulär



Mit Prädiktiver Lastverstetigung

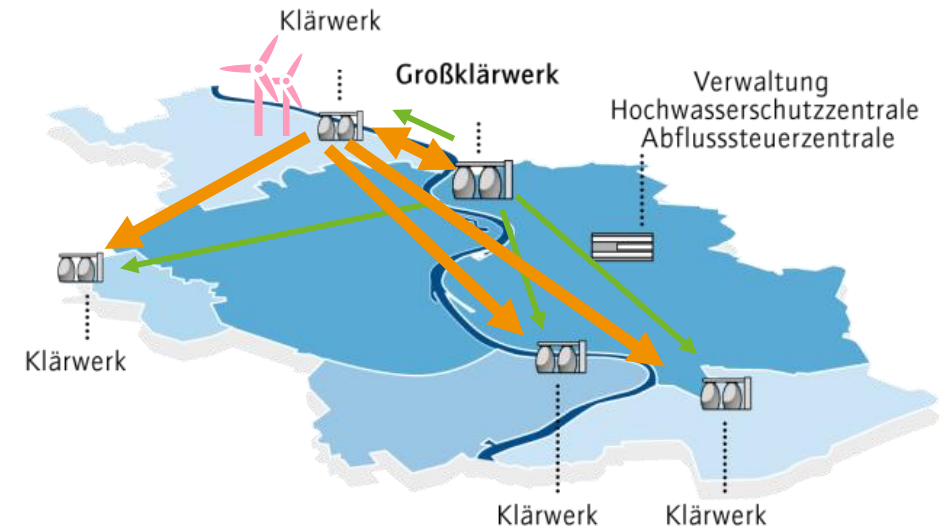
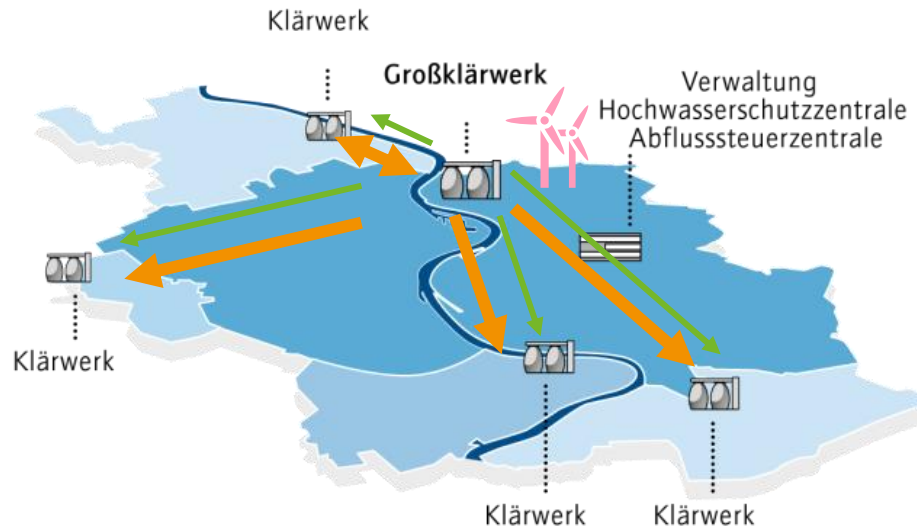
Zielkonflikt Wirtschaftlichkeit in Betrieb als Nettoeinspeiser

EE-Erzeugung deckt sich mit übriger Netzlast



Lastflexibilisierung, Laststeuerung und Energieproduktionsmanagement

Unternehmensweite Verbrauchs- und Einspeiseoptimierung



—
> 93 %
+

Genehmigungsfähigkeit

Eigennutzungsgrad

Netzentgelte Strombilanzkreis

+
< 70 %

—

Die Kläranlage als Netto-Einspeiser für Strom

Schon jetzt zum Teil Realität



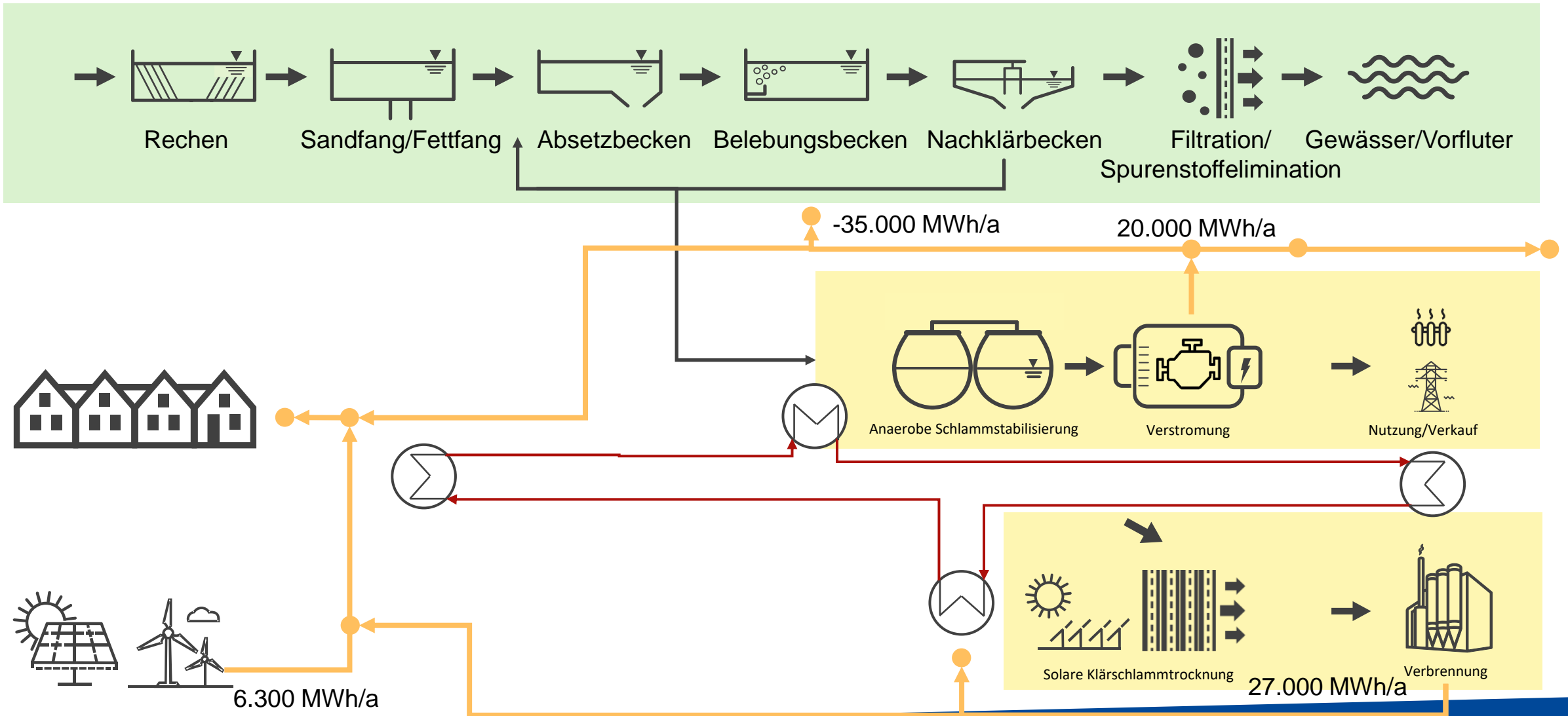
- Zeitweise ist die Netto-einspeisende Kläranlage schon vielerorts Realität
- Die Einspeisung von Strom ist derzeit als Überschusseinspeiser mit EEG- und KWK-Förderung Stromsteuerbefreit möglich
- Novellierung des Stromsteuergesetzes bringt die Vergütung bei Einspeisung für große Anlagen an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit – Alternative, wirtschaftliche Nutzungsoptionen für produziertes Klärgas notwendig (stoffliche Nutzung)
- Einspeisung und Produktion müssen immer dem Prinzip der Kostendeckung folgen – Reine Gewinnmaximierung über Energievertrieb für viele kommunalen Betriebe rechtlich nur schwer möglich
- Bildung von Erzeugungs- und Verbrauchsbilanzkreisen ermöglicht Unternehmensweite Optimierung von Energieinfrastrukturen (gehemmt durch Netzentgelte nach EnWG §§ 3, 4, 19 und 40 EnWG sowie die Bilanzkreisverordnung (BKraftV))
- Sinkende Einspeisevergütung, fehlende Stromsteuerbefreiung, Wegfall von EEG-Festvergütungsstrukturen führen zu zunehmender Relevanz von Klärgas/Klärschlamm als biologische, stoffliche Comodity (Biomethan, BioX)

Energiemanagement auf Kläranlagen

Fallbeispiele für moderne Hybridkraftwerke

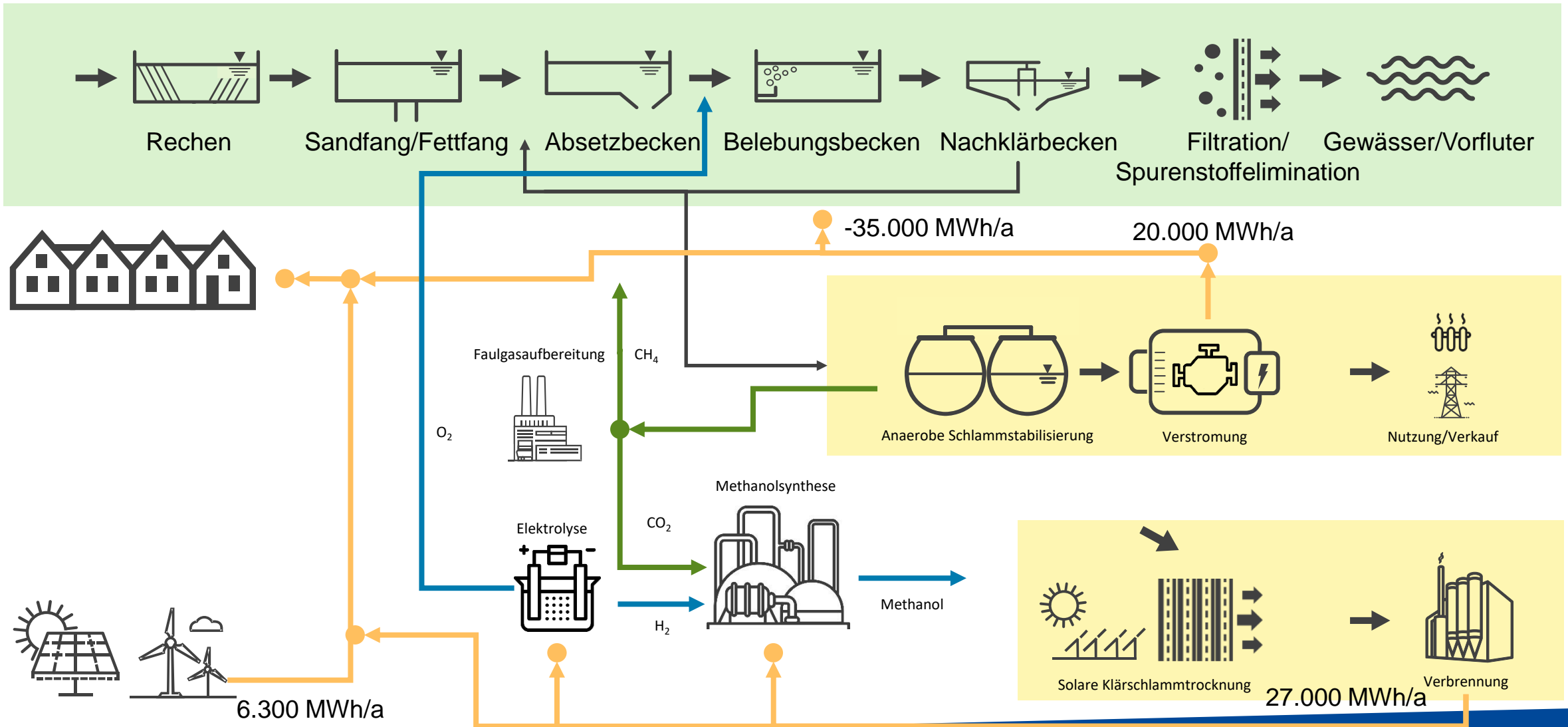
Hybridkraftwerk Bottrop

Regionaler Hotspot für Strom und Wärmeproduktion



Hybridkraftwerk Bottrop

Regionaler Hotspot für Strom und Wärmeproduktion



Hybridkraftwerk Bottrop

Regionaler Hotspot für Strom und Wärmeproduktion

Abwasserreinigung

- 1 Pumpwerk BOT II AKE
- 2 Pumpwerk BOT I PAK
- 3 Zentraler Zulauf Kläranlage (Vereinigungsschacht)
- 4 Rechenhaus
- 5 Sandfang
- 6 Vorklärung
- 7 Belebungsbecken
- 8 Nachklärung
- 9 Analysenhaus Auslauf Kläranlage
- 10 Auslaufbauwerk und Hochwasserpumpwerk

Schlammbehandlung

- 11 Schlammverdicker
- 12 Flotation
- 13 Schlammspeicher
- 14 Co-Substratannahme
- 15 Faulbehälter
- 16 Vorlagebehälter Schlammmentwässerung (VB7)
- 17 Kohlekonditionierung
- 18 Schlammmentwässerung
- 19 Solarthermische Trocknungsanlage (STT) im Bau
- 20 Schlammverbrennung
- 21 Aschesilo und Fahrzeugwaage

Energieerzeugung und -versorgung

- 22 Gasbehälter
- 23 Klärgasmotorenanlage (BHKW)
- 24 Dampfturbine
- 25 Windenergieanlage
- 26 Photovoltaikanlage
- 27 110-kV-Station
- 28 Erdgasmotorenanlage (BHKW)

Betriebsführung und -überwachung

- 29 Betriebsleitung EMSCHERGENOSSENSCHAFT
- 30 Betriebsleitung LIPPEVERBAND
- 31 Leitwarte Kläranlage / Schlammmentwässerung / AKE
- 32 Leitwarte Verbrennung
- 33 Betriebsüberwachungszentrale (BÜZ)

Gewässerunterhaltung, Instandhaltung und zentrale Dienste

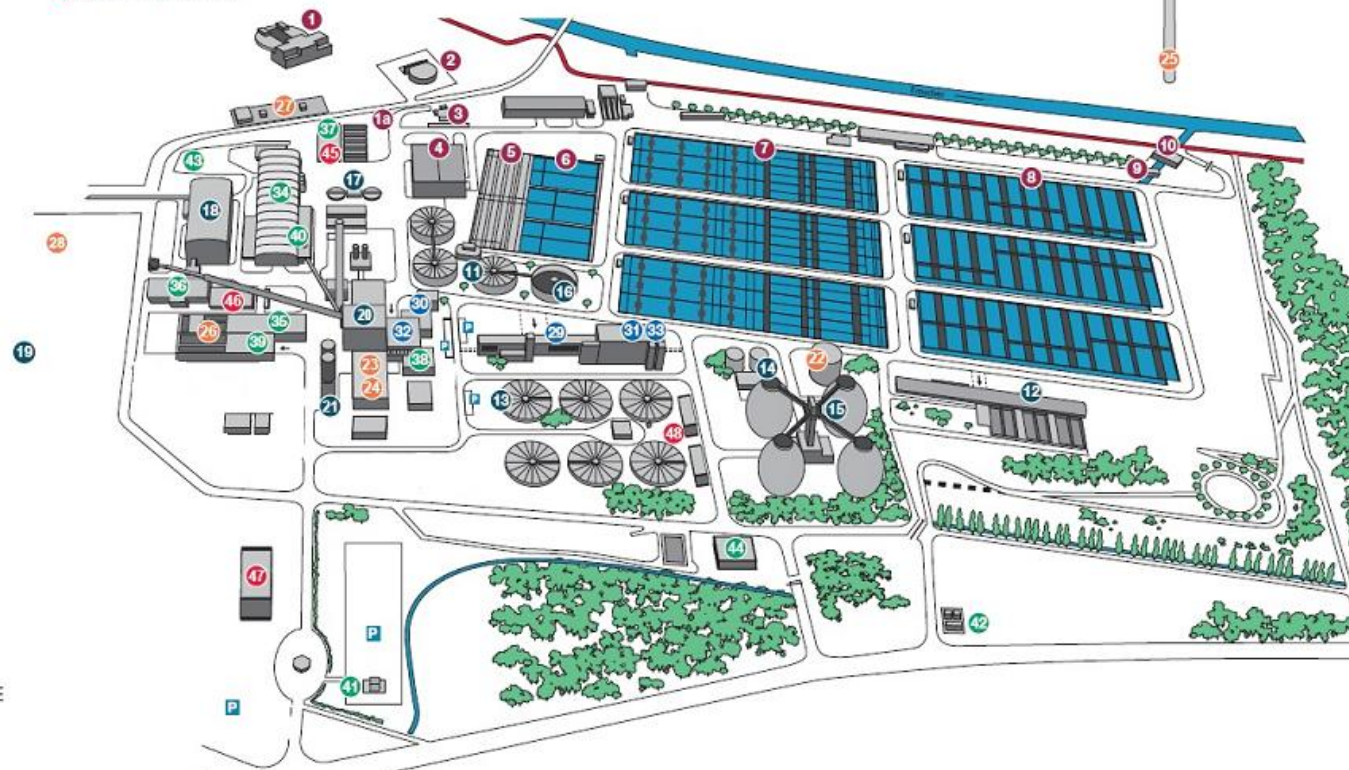
- 34 Bauhof Gewässerunterhaltung
- 35 M -E- und EMSR-Werkstätten
- 36 Betriebsleitung und Ausbildung Instandhaltung
- 37 Labor
- 38 Einkauf
- 39 Lager
- 40 Zentralarchiv
- 41 Tankstelle Biogas
- 42 Tankstelle Wasserstoff
- 43 Abfallplatz
- 44 Notfall-Equipment-Halle

Betriebsgebäude

- 45 Labor- und Sozialgebäude Kläranlage / Schlammmentwässerung
- 46 Sozialgebäude Instandhaltung

Projektleitung / Bauüberwachung Standort Bottrop

- 47 Projektleitung / Planung / Bauüberwachung STT
- 48 Projektleitung / Planung / Bauüberwachung 22-GM



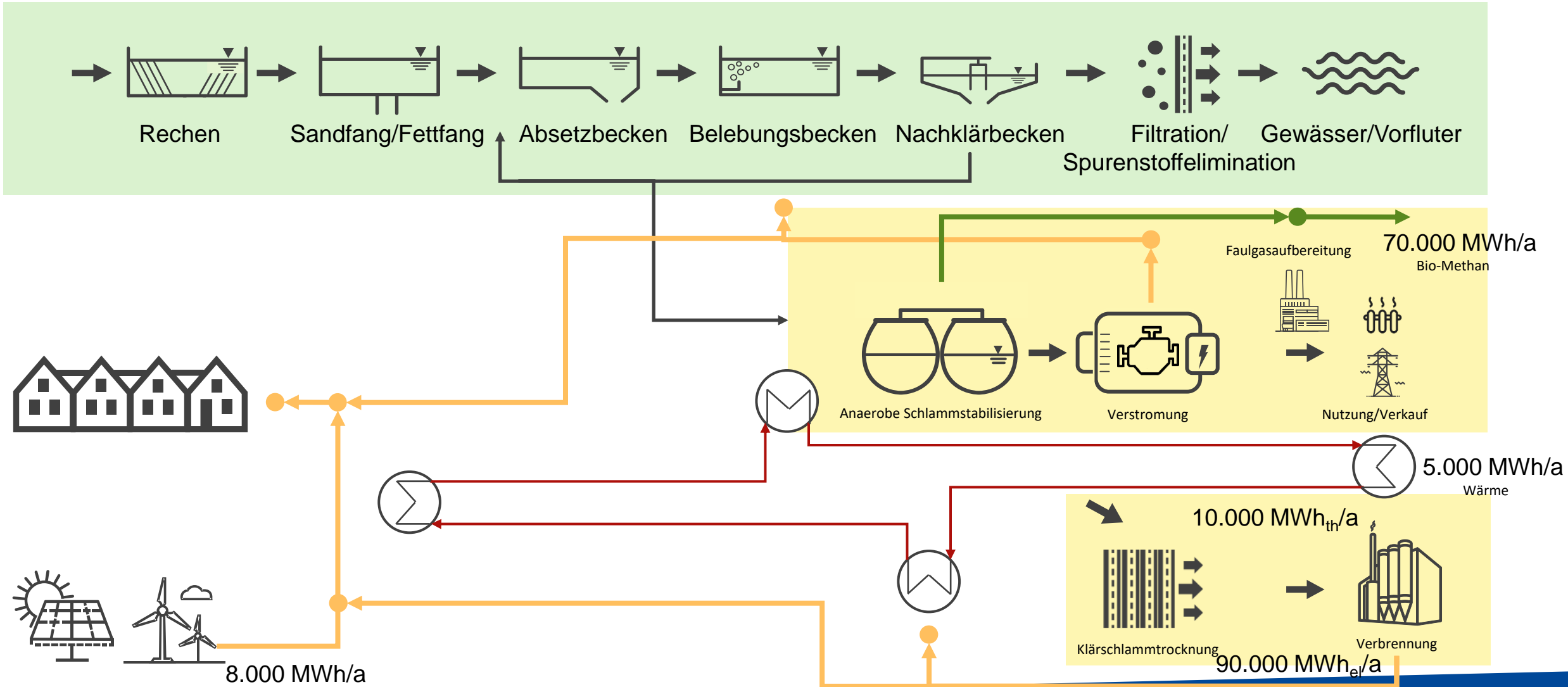
Hybridkraftwerk Bottrop

Regionaler Hotspot für Strom und Wärmeproduktion



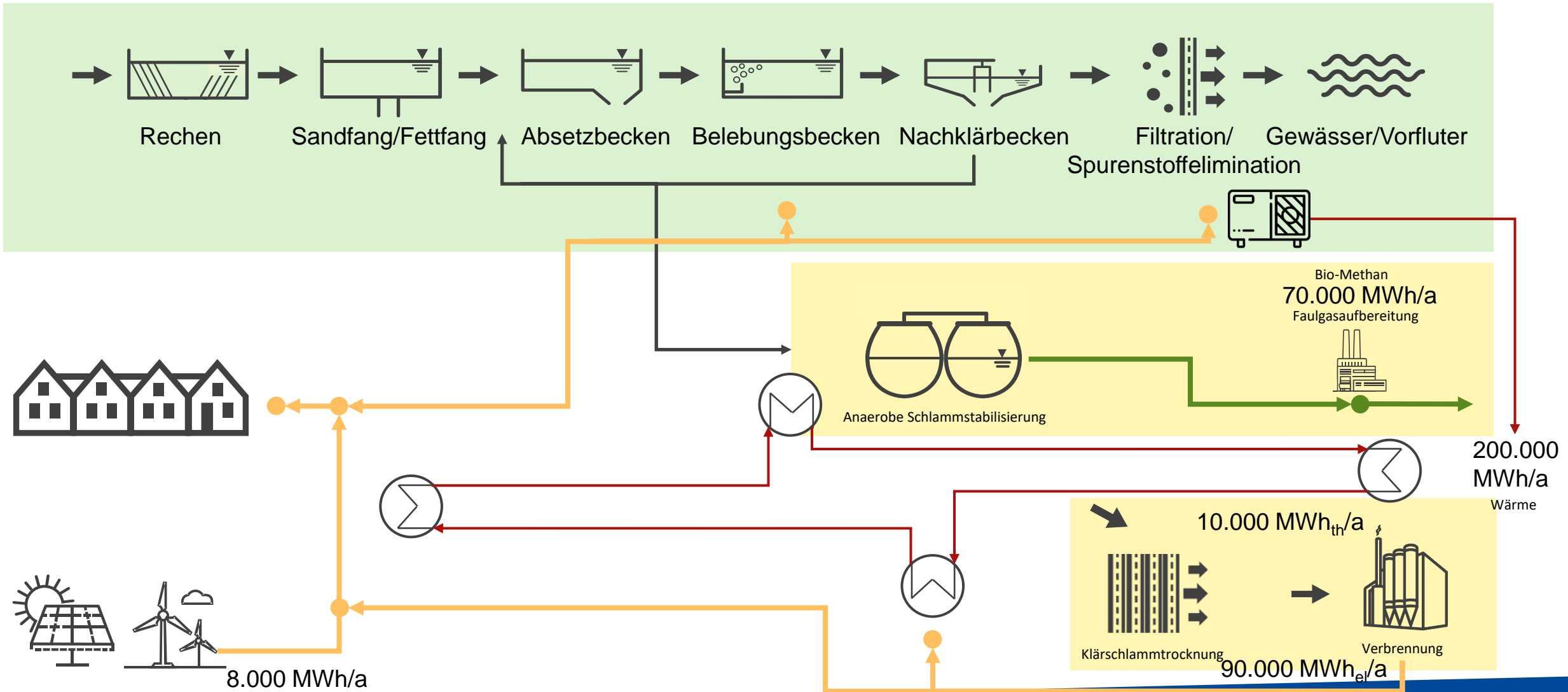
Hybridkraftwerk Köhlbrandshöft

Regionaler Hotspot für Strom, Wärme und Gas



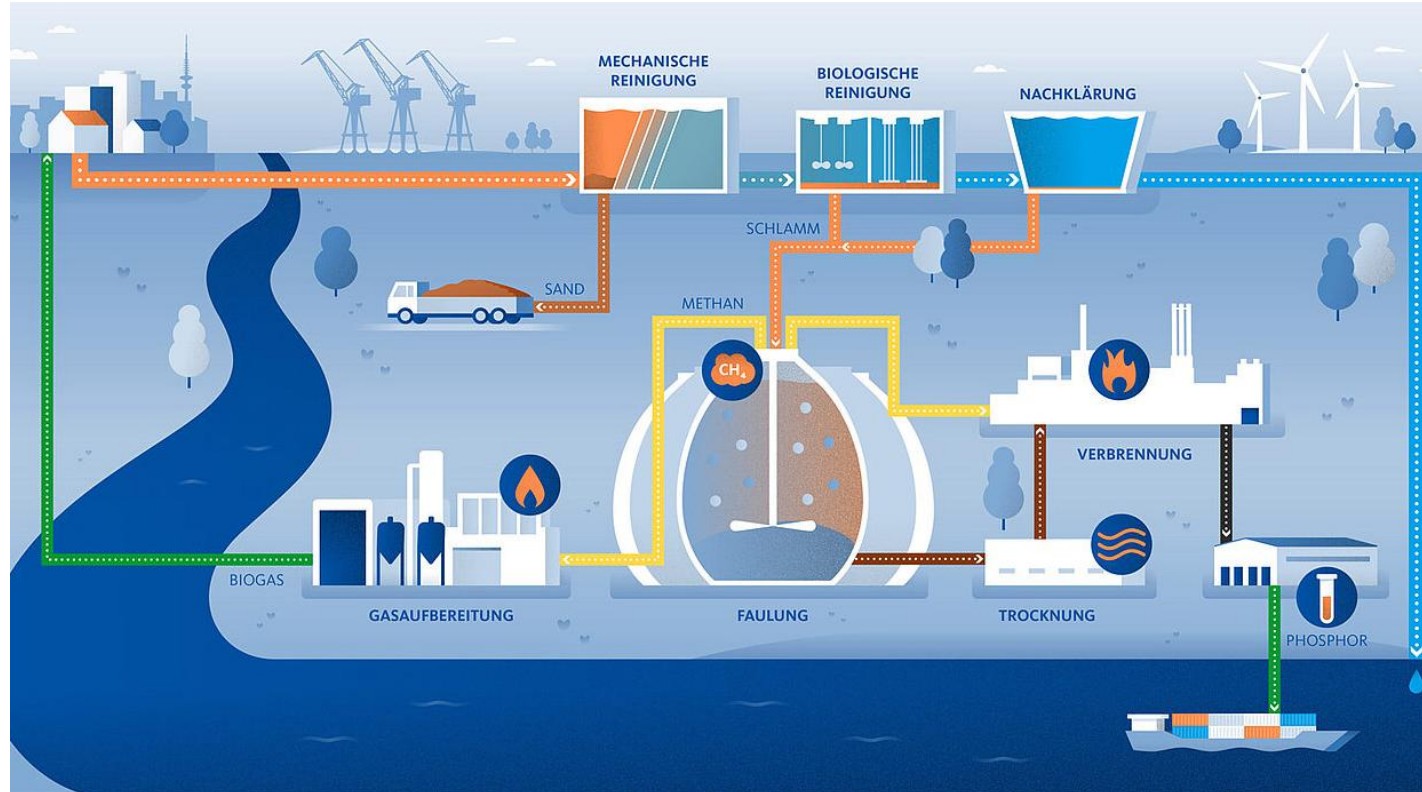
Hybridkraftwerk Köhlbrandshöft

Regionaler Hotspot für Strom, Wärme und Gas



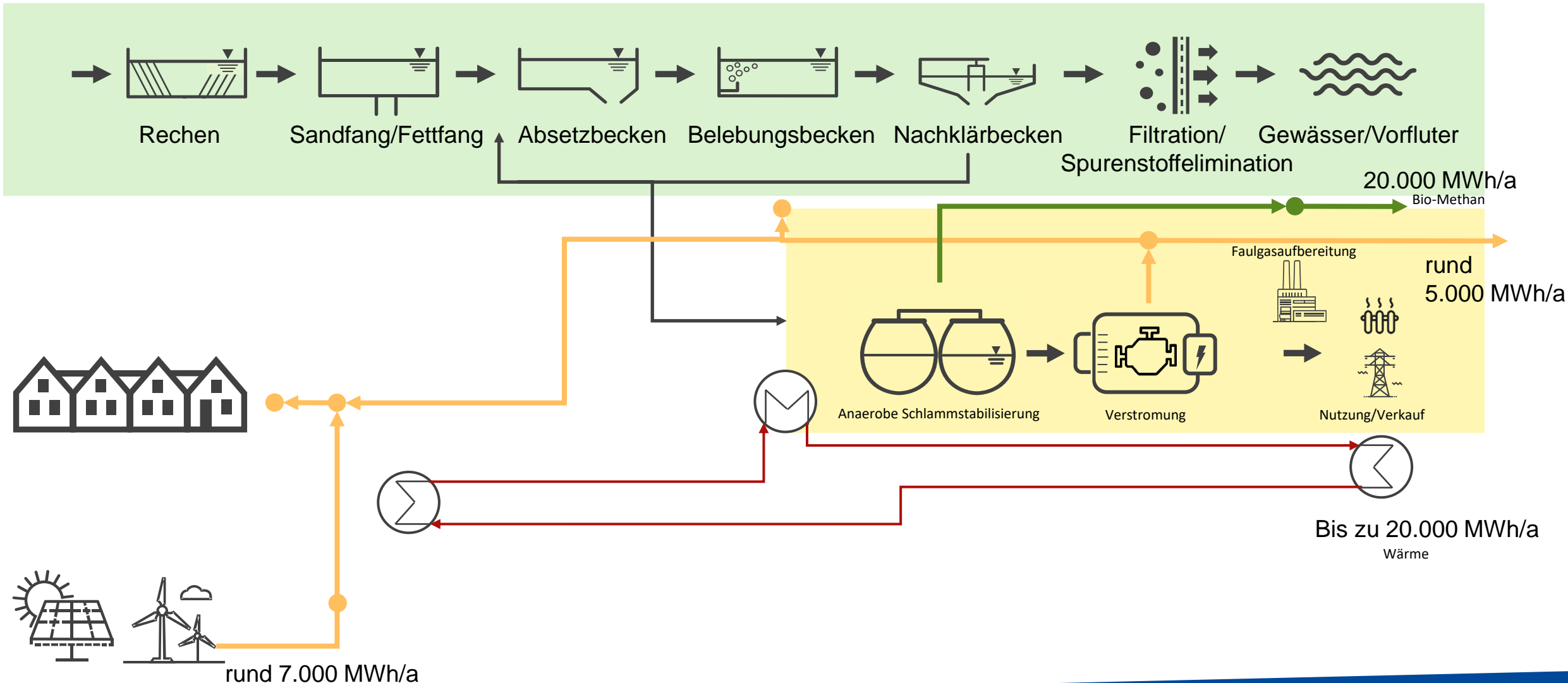
Hybridkraftwerk Köhlbrandshöft

Regionaler Hotspot für Strom, Wärme und Gas



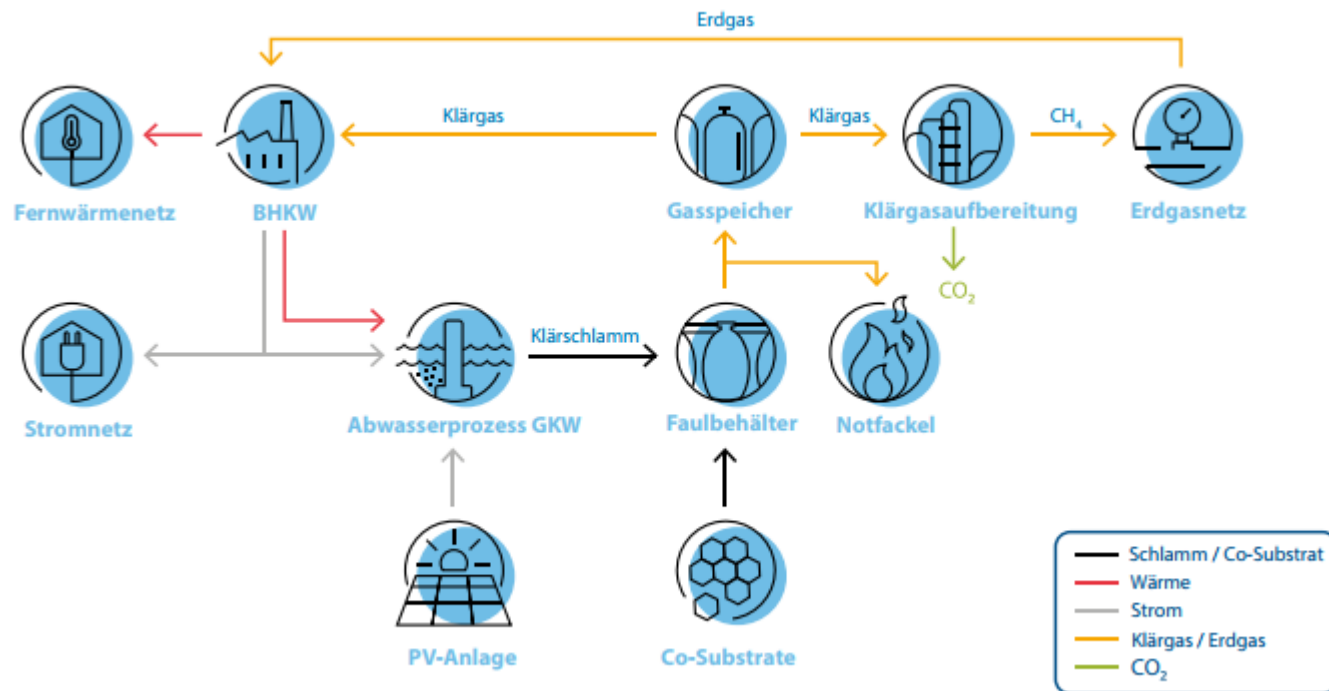
Hybridkraftwerk Stammheim

Regionaler Hotspot für Strom, Gas und Wärme



Hybridkraftwerk Stammheim

Regionaler Hotspot für Strom und Gas



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft
und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V.
An der Ölmühle 4 / 52074 Aachen
www.fiw.rwth-aachen.de

Carl Fritsch
Fon +49 241 80 2 39 55
fritsch@fiw.rwth-aachen.de

- Fraunhofer ISI (2018) – Fraunhofer ISI, WiW mbh, IKEM: Klimaschutz Potenziale in der Abwasserwirtschaft - Benchmark, Innovationen, Chancen, Hemmnisse; Hrsg. UBA
- Hostmeyer et al. (2018) – Horstmeyer, N; Weißbach, M; Koch, K; Drewes, J: A novel concept to integrate energy recovery into potable water reuse treatment schemes; Journal of Water Reuse and Desalination; 2018
- WiW (2019) - Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH, Designing value chains for carbon based elements from wastewater – State of the Art Report, Wuppertal, 2019
- Knies (2016) – Knies, J: The Potential for Extracting Heat Energy from Waste Water: A Strategic Approach; GI Forum – Journal for Geographic Information Science; 2015
- Piri (2012) – Piri, P: Exergy savings and exergy production in municipal wastewater treatment: focus on thermodynamical concepts and measurement devices; Thesis, KTH and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology (KTH); 2012
- Eurostat (2024) - Energieendverbrauch nach Sektoren (ten00124), European Commission; 2024
- DWA (2021) - DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Leistungsvergleich 2021, Hennef; 2021
- BMUKN (2014) – Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit; Statistik Abwasser; Berlin; 2014
- WHG - **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** Bundesministerium der Justiz. (2024). Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert 2024. https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html
- BImSchG - **Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)** Bundesministerium der Justiz. (2024). Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 15. Mai 2024 (BGBl. I S. 790). https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg_2013/BJNR278210012.html
- **Klärschlammverordnung (AbfKlärV)** - Bundesministerium der Justiz. (2017). Verordnung über die Nutzung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (AbfKlärV) vom 21. September 2017 (BGBl. I S. 3422). https://www.gesetze-im-internet.de/abfkl_rv/BJNR342210017.html

- **Wärmeplanungsgesetz (WPG)** - Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2023). Gesetz für die Wärmeplanung und zur Erhöhung der Wärmeeffizienz (WPG) vom 20. April 2023. <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html>
- Barbian (2025) – Marius Barbian, **Künstlich Neuronale Netze im Abwasser** - Praxis & Potenziale, DWA Energietag 2025, Frankfurt, 2025
- EnWG - **Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)**, Bundesministerium der Justiz. Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. November 2016 (BGBl. I S. 2258), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Zwanzigsten Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und weiterer Gesetze vom 21. Dezember 2024 (BGBl. 2024 I). Abrufbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf
- BKraftV - **Bilanzkreisverordnung (BKraftV)**, Bundesministerium der Justiz. Verordnung über Bilanzkreise und Bilanzverantwortliche (Bilanzkreisverordnung – BKraftV) vom 26. Juli 2006 (BGBl. I S. 1796), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Zweiten Verordnung zur Änderung der Bilanzkreisverordnung vom 15. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. XXX). Abrufbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/bkraftv_2006/BKraftV.pdf
- Emscher (2025) - Emschergenossenschaft und Lippeverband. (2025). Offizielle Website der Emschergenossenschaft und Lippeverbands. Zuletzt abgerufen am 6. Januar 2026 von <https://www.eglv.de>
- Hamburgwasser (2024) - Hamburg Wasser. (2025). Offizielle Website von Hamburg Wasser. Zuletzt abgerufen am 6. Januar 2026 von <https://www.hamburgwasser.de>
- Klimawende (2024) - Klimawende Köln. (o. J.). *Klimawende Köln – Für eine klimaneutrale Stadt Köln*. Abgerufen am **6. Januar 2026**, von <https://klimawende.koeln/>
- SteB (2025) - Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR. (o. J.). *StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln*. Abgerufen am **6. Januar 2026**, von <https://steb-koeln.de/>

