

Energieverbraucher und Flexibilitätsoptionen in der Prozesskette der Abwasser- und Klärschlammbehandlung

Seminar:
Kläranlagen – Baustein in den Stromnetzen der
Zukunft

Dipl.-Ing. Oliver Gretzschel , Dipl.-Ing. Michael Schäfer

Vorweg:

!!! Übergeordnetes Ziel = Abwasserreinigung !!!

Zusatzaufgabe: AbwVO Anh.1 B

(2) Abwasseranlagen sollen so errichtet, betrieben und benutzt werden, dass eine energieeffiziente Betriebsweise ermöglicht wird. Die bei der Abwasserbeseitigung entstehenden Energiepotenziale sind, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, zu nutzen.

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Forschungsprojekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Forschungsprojekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick

Google-Abfrage: Flexibilitätsoptionen / Regelenergie

Google Flexibilitätsoptionen

Web Maps Bilder Shopping

6.160 Ungefähr 6.160 Ergebnisse (0,13 Sekunden)

Google Flexibilitätsoptionen Kläranlagen

Web Maps Bilder Shopping

78 Ungefähr 78 Ergebnisse (0,38 Sekunden)

Google Regelenergie

Web Bilder News Bücher

84.300 Ungefähr 84.300 Ergebnisse (0,16 Sekunden)

Google Regelenergie Kläranlagen

Web News Bilder Maps

7.480 Ungefähr 7.480 Ergebnisse (0,35 Sekunden)

10 Dezember 2014 | 10:01

Mehr Flexibilität im Strommarkt als Ziel



11 Februar 2015 | 13:46

Virtuelle Kraftwerke großes E-World-Thema



Brücke zwischen den Welten

GAT 2013 „Gas im Energiesystem der Zukunft“ – so lautet das Motto der 52. Gasfachlichen Aussprachetagung vom 1. bis 2. Oktober 2013 in Nürnberg. Power to Gas als Teil eines geschlossenen CO₂-Kreislaufs. Studie zeigt Potenziale

Im Mittelpunkt der GAT 2013 stehen innovative Anwendungsmöglichkeiten neuer Gastechnologien für die Energiesysteme der Zukunft. Eine Option, die auf die GAT-Veranstaltungen der vergan-

Dieser integrierte Ansatz macht lt. DVGW sichtbar, dass die CO₂-Vermeidung durch Power to Gas wesentlich preiswerter zu erreichen ist als durch energetische Sanierung des Gebäudebestands. Wenn wir nämlich rege-



vom Stromsektor nicht nur in den Wärme- sondern auch in den Transportsektor. Es ermöglicht den nicht-elektrischen Sektoren Zugriff auf die vergleichsweise günstigen Klimaschutzpotenziale des Stromsektors.

23 September 2014 | 09:20

Mehr Biogasanlagen fahren flexibel

Lasst Bakterien arbeiten

METHANISIERUNG Der 2. Schritt der Power-to-Gas-Umwandlung kann mikrobiologisch erfolgen. Einige Unternehmen arbeiten daran

Power to Gas ist in aller Munde – seit klar ist, dass der rasche Ausbau von Sonnen- und Windkraft Speicherkapazitäten benötigt.

mit Speicherfunktion, zumal bis zu 25 GWh Last durch Power to Gas genutzt werden können“, so Schmack. Damit rücken die Biogasanlagen in den Bereich der zukünftigen



profitieren würde, stößt das Konzept auf großen Rückhalt. Ein flexibler Strommarkt sei "entscheidend für das Gelingen der Energiewende", sagt Hermann Falk, Geschäftsführer des BEE.

werden, die Fehlanreize wieder auszugleichen. Fraunhofer IWES und Energy Brainpool haben nun eine Strategie formuliert, mit der sich die alten Hemmnisse überwinden ließen.

Im Kern ist diese so einfach wie radikal: Wenn gerade mehr Strom produziert als gebraucht wird, soll der Strompreis deutlich sinken. Große Abnehmer sollen so dazu gebracht werden, mehr zu verbrauchen. Fabriken könnten zum Beispiel die Produktion erhöhen, große Kühlhäuser stärker kühlen. In Zeiten, in denen mehr Strom gebraucht wird als gerade verfügbar ist, sollen die Preise dagegen deutlich steigen. Verbraucher sollen so dazu gebracht werden, sich zu bescheiden.

Grünbuch BMWi – Ein Strommarkt für die Energiewende



Regelleistung gleicht u
aus. Um das physikalische
gleichung und Verbrauch zu

Die Stromerzeugung
bonisiert werden, um
Klimaziele bis 2050 zu
erzeugung durch erneu

Es ist wirtschaftlich
„letzte erzeugte Kilo
geringfügige Netze

Was bedeute dies
alles für
Kläranlagen?



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

27. Februar 2015

Stellungnahme zum

Grünbuch "Ein Strommarkt für die Energiewende" des Bundesministeriums für
Wirtschaft und Energie (BMWi)

Mit dem Grünbuch "Ein Strommarkt für die Energiewende" hat das BMWi die breite
Diskussion über das zukünftige Strommarktdesign eröffnet. Die DWA begrüßt dies
und nimmt im Rahmen der öffentlichen Konsultation dazu wie folgt Stellung:

Der Energiesektor befindet sich in einem Umbruchzustand. Kurz- und mittelfristig wird

sich der Einsatz innova-
tionsprobleme sind
bedarf in der Niederspan-

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Forschungsprojekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick

arrivee



Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein
in intelligenten Verteilnetzen mit
erneuerbarer Energieerzeugung

Aktuelle Projekte I

Status Quo:

- KWK-Strom dient in der Regel der **Eigendeckung des Stromverbrauchs** für die Behandlung des zugeführten Abwassers und des anfallenden Überschussschlamms.

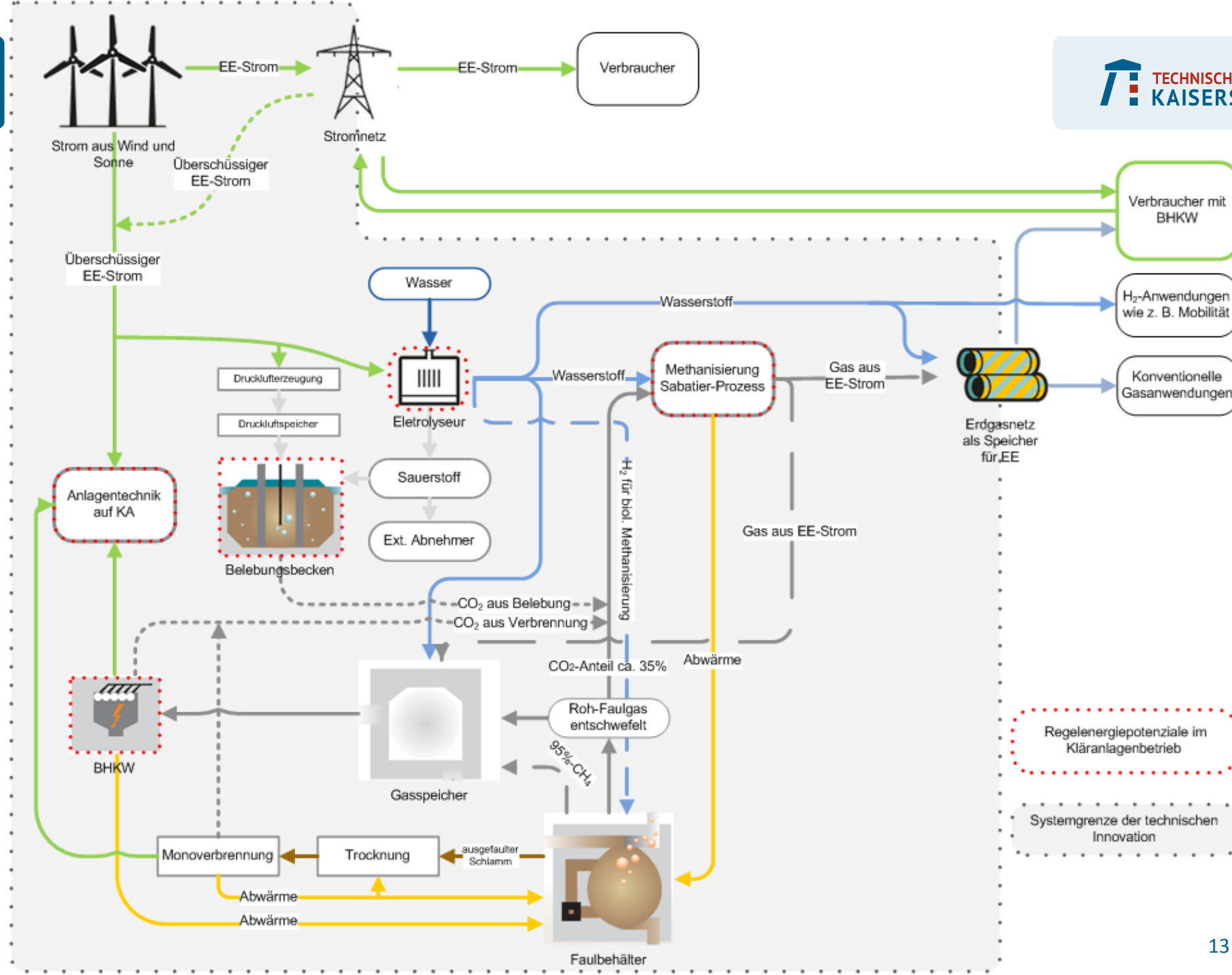
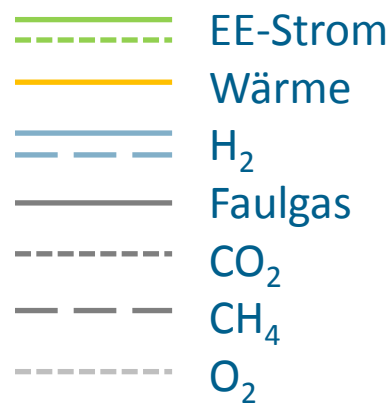
Projektziele:

- **Kläranlagen** mit anaerober Stabilisierung bieten mit den vorhandenen KWK-Anlagen und den zugehörigen Gasspeichern hervorragende technische Voraussetzungen, um **System- und Netzdienstleistungen für Verteil-** (Spannungshaltung) und **Übertragungsnetze** (Frequenzhaltung mit Hilfe von Regelenergie) zur Verfügung zu stellen.
- Überprüfung weiterer Anlagenkomponenten zur **Bereitstellung dieser Dienstleistungen** unter den Aspekten der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.
- Entwicklung einer Systemlösung zur **Integration von Kläranlagen mit separater, anaerober Schlammstabilisierung in ein Speicher- und Regelenergiekonzept.**

Aktuelle Projekte I

Anforderung der Ausschreibung ERWAS

- „[...] Gefragt sind unter anderem intelligente Bewirtschaftungsstrategien und Steuerungskonzepte, die den Aspekt der **Speicherung und bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie** berücksichtigen (z. B. virtuelle Kraftwerke, intelligente Netze in Analogie zu Smart Grids). [...]“
- „Entwicklung neuartiger Systemlösungen unter Nutzung der im Abwasser enthaltenen Energie- und stofflichen Ressourcen, in Verbindung mit einem **regionalen Energie - und Stoffstrommanagement**, welches weitere Energiequellen einschließen kann.“
- „Neue Methoden und **Konzepte zur Energiespeicherung mit Hilfe von Abwasserbehandlungsanlagen**“



ZEBRAS

Zukunftsorientierte Einbindung der
Faulung und Faulgasverwertung in die
Verfahrenskette der Abwasserreinigung,
Schlammbehandlung und -verwertung in
Rheinland-Pfalz

Gefördert vom



Aktuelle Projekte II

ZEBRAS

Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz

Projektziele:

- Erstellung einer **aktualisierten Bestandsanalyse** der Faulungsanlagen hinsichtlich Ausbau, Dimensionierung und Betrieb in Rheinland-Pfalz; Ermittlung freier Faulraumkapazitäten
- **Anpassung der Anlagenkomponenten bei Umsetzung der Faulung** unter besonderer Berücksichtigung der Situation auf Kläranlagen kleiner und mittlerer Größe
- Bewertung des Faulbetriebs im Hinblick auf die Abwasserreinigung
- Ableitung einer Methodik für Planer und Betreiber zur Bestimmung **optimierter Randbedingungen eines Faulungsbetriebs** in Abhängigkeit von Gasverwertung und nachgelagerter Klärschlammbehandlung und -verwertung
- Ableitung des Potenzials und **Verbreitung der Erkenntnisse** in Rheinland-Pfalz

Gefördert vom

ZEBRAS

Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz



Grundlegende Analyse der Faulungsanlagen

→ Optimierung Faulungsprozess

→ Analyse Flexibilitätsoptionen

Fragebogen: Faulung und Faulgasverwertung in Rheinland-Pfalz
 Projekt: "Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz - ZEBRAS" & "Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung - aniver"

Sie, geehrte Damen und Herren,
 der vorliegende Fragebogen dient dazu, die Energieausbeute und die Effizienz der Klärgasenerzeugung und -nutzung in Rheinland-Pfalz zu erheben und eine Grundlage für deren Optimierung zu schaffen. Aufgrund dieser Werte werden

Fragebogen: Faulung und Faulgasverwertung in Rheinland-Pfalz
 Projekt: "Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz - ZEBRAS" & "Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung - aniver"

Fragebogen: Faulung und Faulgasverwertung in Rheinland-Pfalz
 Projekt: "Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz - ZEBRAS" & "Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung - aniver"

Ausbaugröße Ausbaugröße [l] **Repräsentativität Bezugsjahr** Ist das Bezugsjahr 2014 repräsentativ für den Betrieb Ihrer Anlage? ☐ ja ☐ nein **Indikatoren** **matte/gelbe Batterie** ☐ ja ☐ nein **Betrieb durch Virenbau** ☐ ja ☐ nein **Strom, Wasser, Abwasser** ☐ ja ☐ nein

2. Abwasserreinigung **Kanalnetz** Art der Entwässerung ☐ Mischsystem ☐ Trennsystem **Abwasserfluss** Wassermengen $Q_{w,1}$ [m³/s] $Q_{w,2}$ [m³/s] **Zulauf Frachten** $R_{f,1}$ [kg CSB₅/l] $R_{f,2}$ [kg CSB₅/l] **Messung inkl. Rücklauf** ☐ ja ☐ nein

5. Klärgas **Messgröße in Faulstufe (Welche?)** ☐ ja ☐ nein **Nutzung zur Automatisierung?** ☐ ja ☐ nein **Klärgasanteil** [m³/h] **Art der Messung** [m³/h] **Methan-Gehalt** [%] **als Normalkubmeter gemessen?** ☐ ja ☐ nein

6. Klärgasnutzung **Aufhebung** Heizung ☐ ja ☐ nein **Stromerzeugung** ☐ ja ☐ nein **Sonstiges** ☐ ja ☐ nein **Speicherung und Aufbereitung** Gasspeichervolumen [m³] **Speicherart** ☐ ja ☐ nein

KWK-Einheiten **Aggregat 1** **Aggregat 2** **Aggregat 3** **Art** ☐ ja ☐ nein **Typ und Hersteller** ☐ ja ☐ nein **Nennleistung** [kW] **Nennleistungsfaktor** ☐ ja ☐ nein **elektr. Nennleistungsfaktor** ☐ ja ☐ nein **therm. Nennleistungsfaktor** ☐ ja ☐ nein **jährliche Stromerzeugung** [kWh] **Betriebszeiten** ☐ ja ☐ nein **Teilzeit oder Vollzeiteinsatz** ☐ ja ☐ nein

Zulauf Faulstufe **Prinzipschichten (PS)** ☐ ja ☐ nein **Überschussschlamm (ÜSS)** ☐ ja ☐ nein **Rohschlamm = PS + ÜSS (RS)** ☐ ja ☐ nein **Verfahren der Voreindickung** ☐ ja ☐ nein **Verfahren Angaben zur Voreindickung** ☐ ja ☐ nein **Externe Schlamm** ☐ ja ☐ nein **Co-Substrate** ☐ ja ☐ nein **Zusammenfassung externer Substrate und Co-Substrate** ☐ ja ☐ nein **Ablauf Faulstufe** **Faulschlamm** ☐ ja ☐ nein

4. Faulstufe **Verfahrenstechnik** ☐ stufen ☐ strahl **Behälter 1** **Behälter 2** **Behälter 3** **Faulschlammvolumen** [m³] **Reaktor** ☐ ja ☐ nein **Reaktor** ☐ ja ☐ nein **Durchmischung** ☐ ja ☐ nein **Weitere Angaben** ☐ ja ☐ nein

8. Sonstiges **z.B. zusätzliche Verfahren** ☐ ja ☐ nein **dieszeitiger Entsorgungsweg** **Landwirtschaft** ☐ ja ☐ nein **Sonstiges** ☐ ja ☐ nein

9. Entsorgungsweg **Ist die Kläranlage an das öffentliche Netz angeschlossen?** ☐ ja ☐ nein **Umfang des Entsorgungswegs** ☐ ja ☐ nein **Stromerzeugungsweg** **Niederspannung** ☐ ja ☐ nein **Mittelspannung** ☐ ja ☐ nein

10. Stromerzeugungsweg **Netzanschlussspannung** ☐ ja ☐ nein **Stromerzeugungsweg** ☐ ja ☐ nein **Stromerzeugungsweg** ☐ ja ☐ nein

Abwasserreinigung durch äußere Rahmenbedingungen begrenzt? ☐ ja ☐ nein **Wann ja, welche?** ☐ ja ☐ nein **max. Einschaltdauer bei Vollast** [h] **max. Abschaltzeit** [h] **Welche Reaktionen liegen vor?** ☐ ja ☐ nein

12. Leittechnik **Ist die Kläranlage an eine Leitwarte mit zentraler Prozessleittechnik angeschlossen?** ☐ ja ☐ nein **Wann ja, Wie ist die Leitwarte besetzt? (24h/7 Tage die Woche?)** ☐ ja ☐ nein **Ist jedes einzelne Aggregat und das BHKW über die zentrale Leitwarte steuerbar?** ☐ ja ☐ nein

13. Sonstige Aggregate **Gibt es neben den in 11. abgefragten Aggregaten zur Kraftwärmekopplung auf der Kläranlage noch weitere Aggregate, welche eine Nennleistung von >100 kW aufweisen?** ☐ ja ☐ nein **Wann ja, welche?** ☐ ja ☐ nein

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Forschungsprojekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

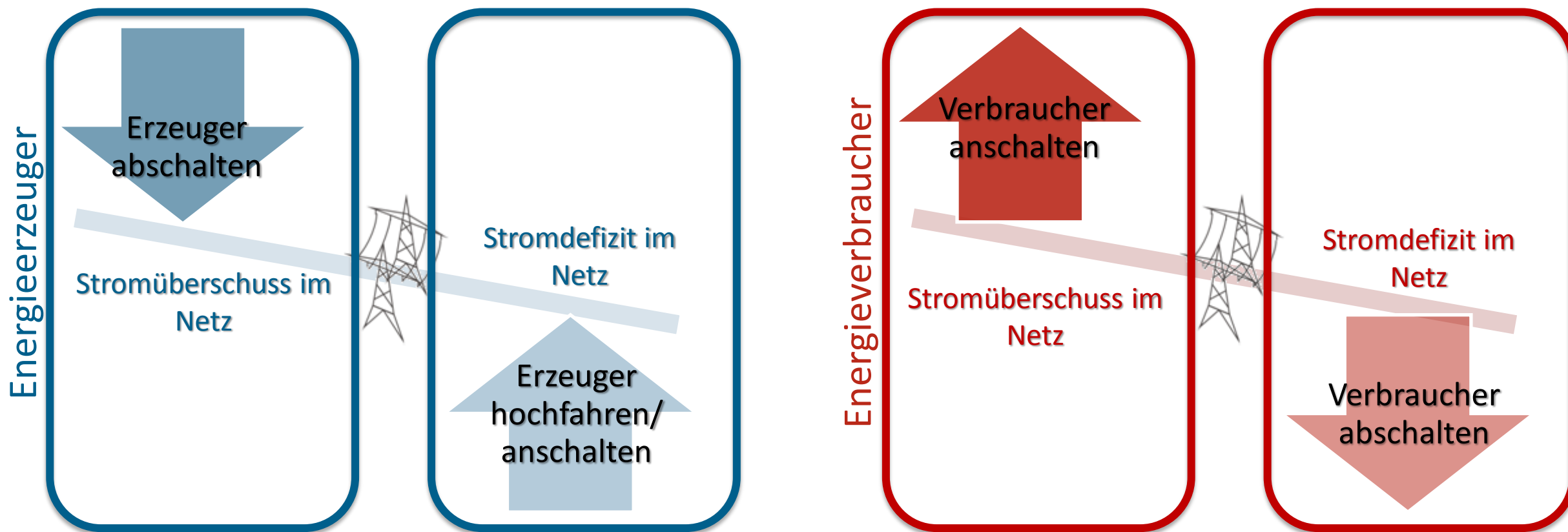
Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick

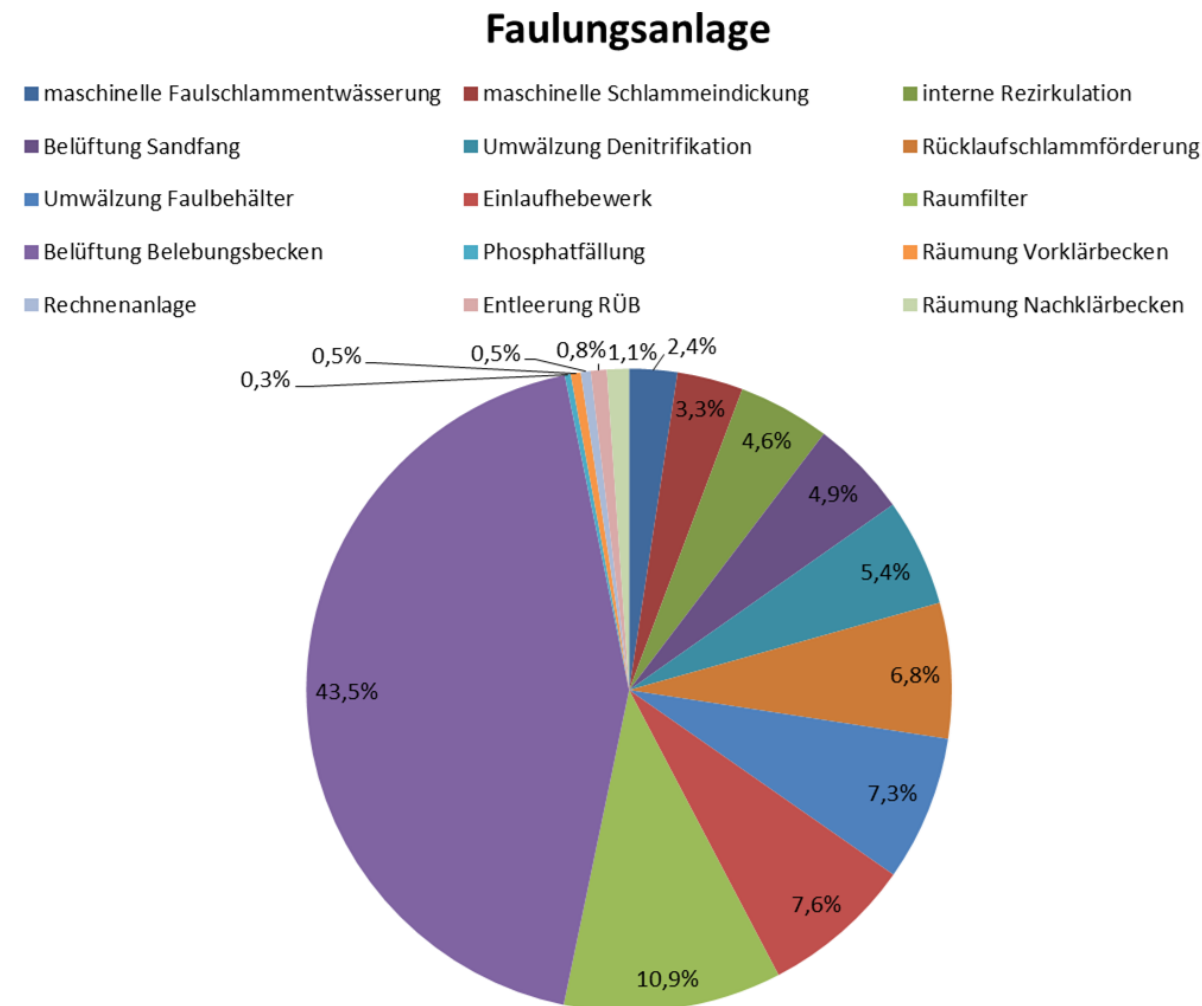
Energieverbrauch und Energie(erzeugungs)potenziale in Kläranlagen

= Optionen zum Ab-/Anschalten

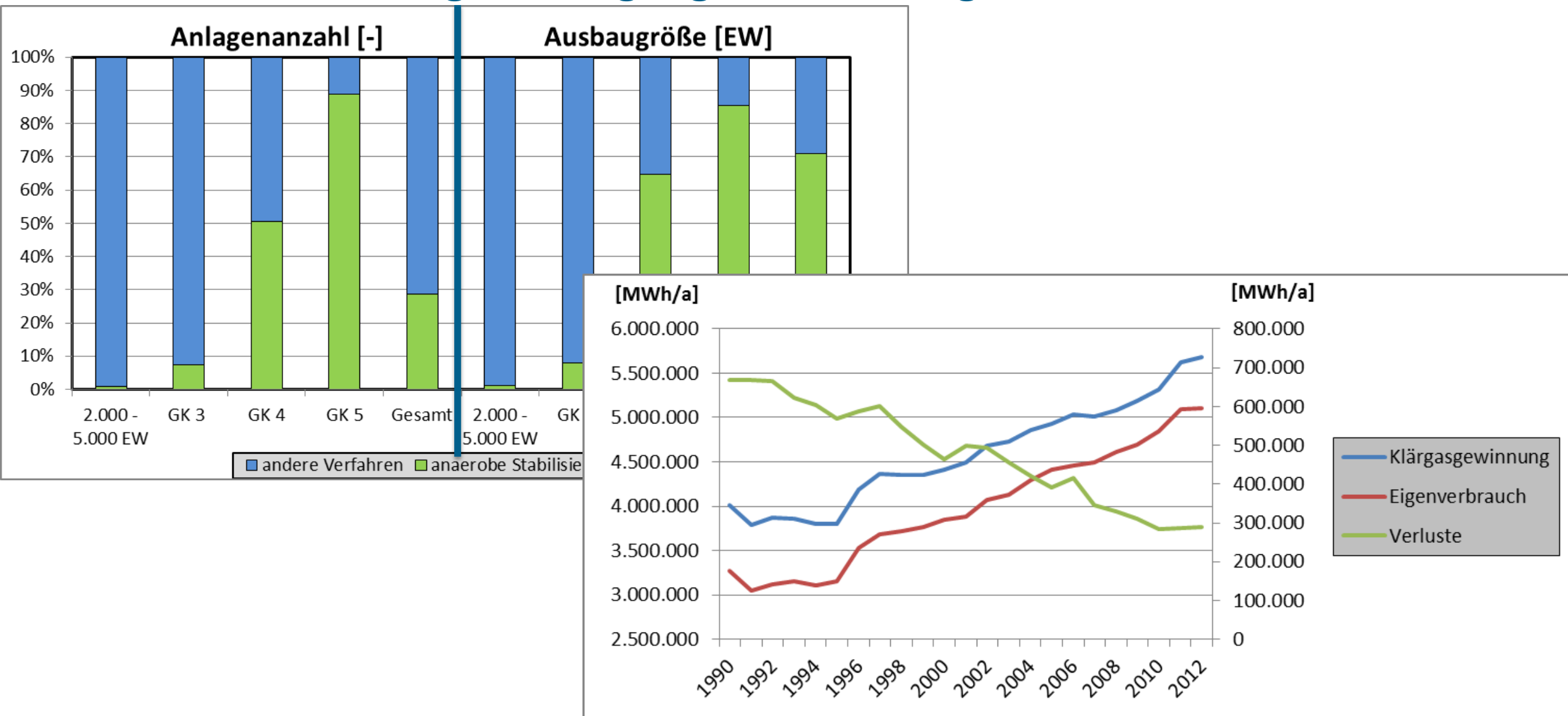


Stromverbraucher in Kläranlagen

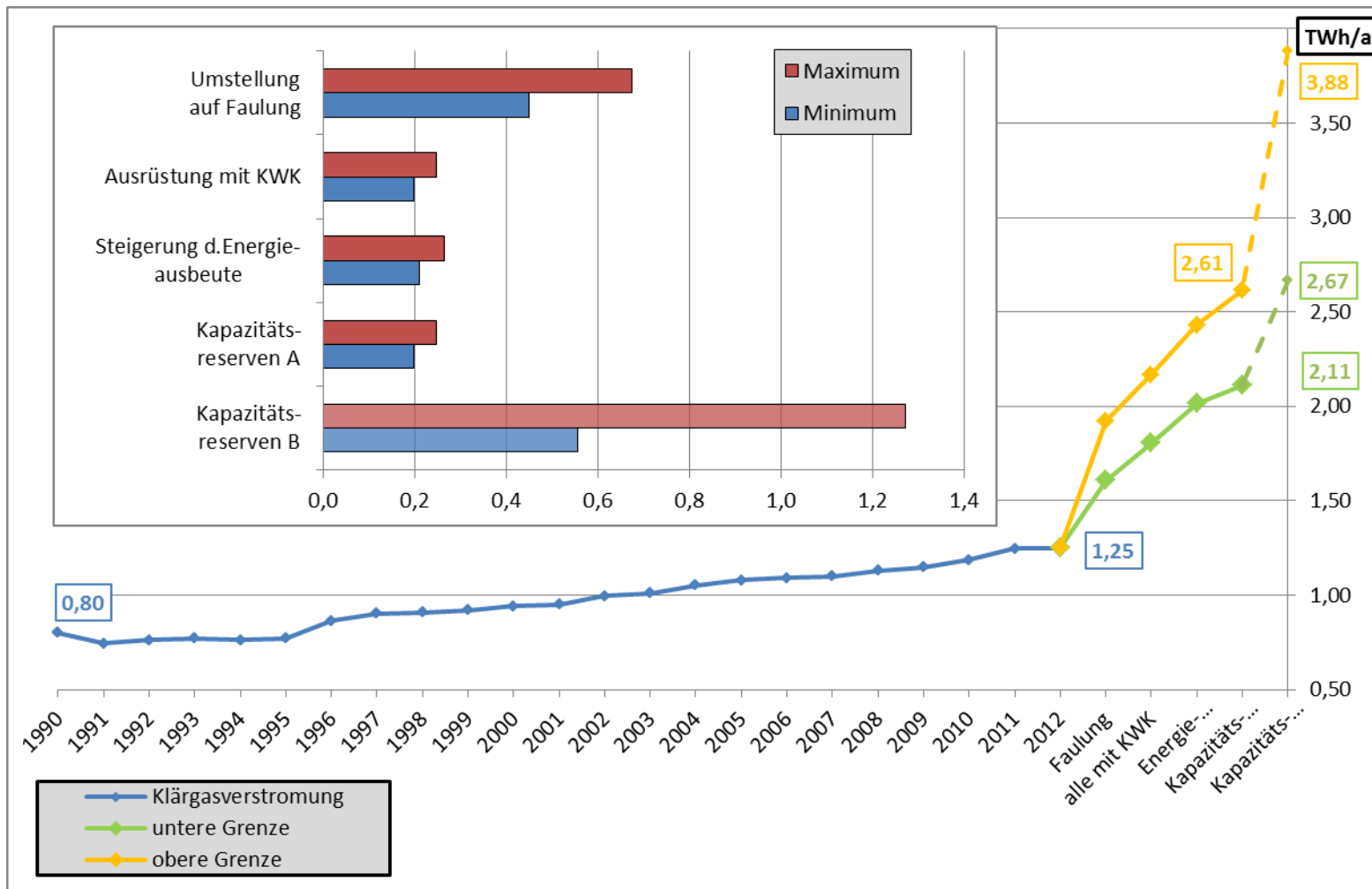
Aufteilung des Stromverbrauchs in der Prozesskette



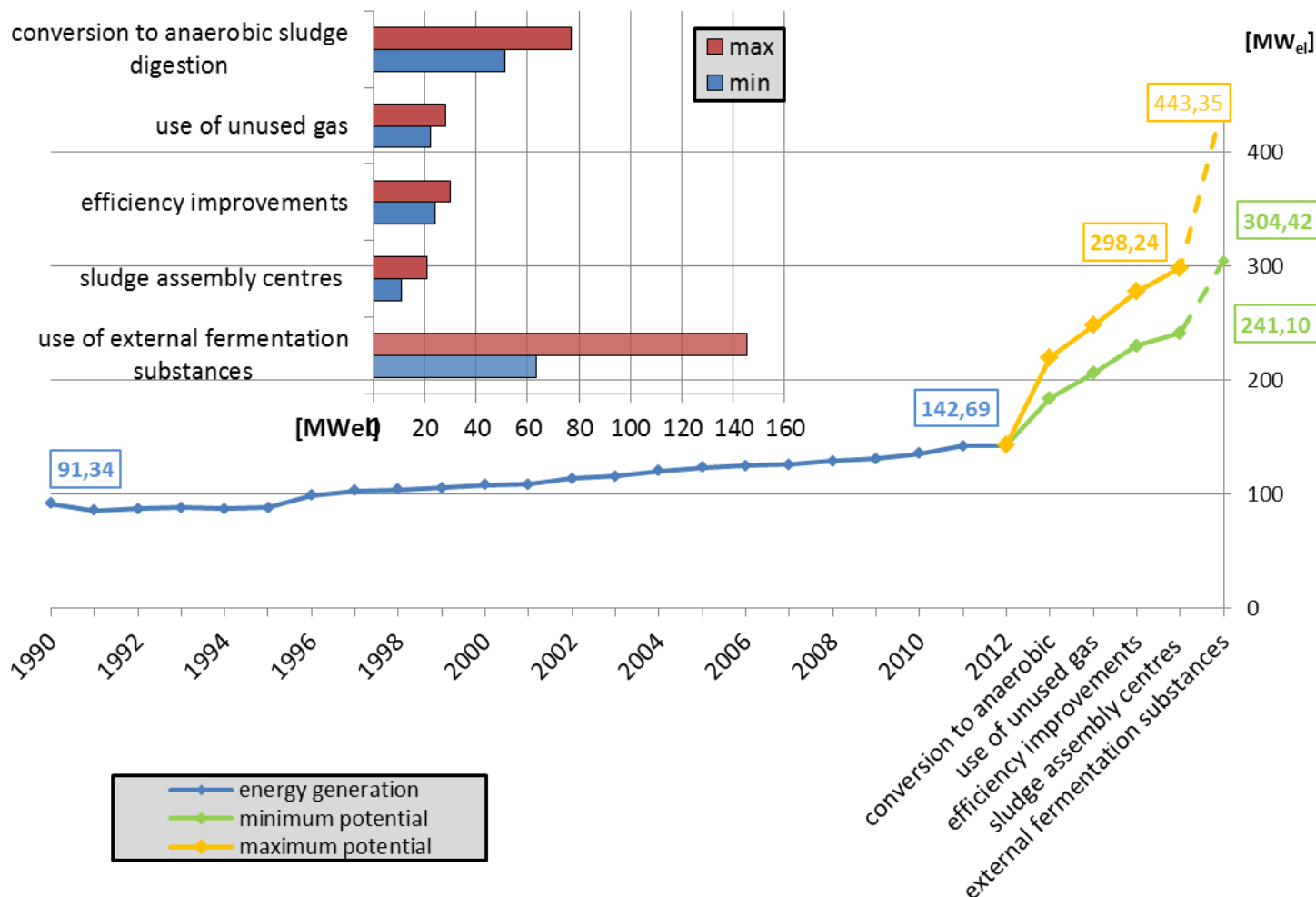
Energiepotenziale I – Klärgaserzeugung auf Kläranlagen



Energiepotenziale II – Stromerzeugungspotenziale auf Kläranlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung



Energiepotenziale III – Leistungspotenziale auf Kläranlagen durch KWK



BHKW-Ist-Zustand:

- ca. 140 MW

BHKW-Ist-Zustand:

- ca. 300 MW

Elektrolyse bei 100% CO₂- Verwertung:

- ca. 10 x KWK-Leistung
(anlagenspezifisch, biol. Methanisierung -
vorläufiges Ergebnis!)

Kläranlagenpotenzial:
300 MW_{el}
→ ca. 15% Anteil der
neg. MRL

Weitere Potenziale:

- NEA (Notstrom)
- Projekt ZEBRAS

Stromverbraucher I – neue Technologien „Kläranlagen als Flexibilitätsoption“

Hintergrund:



- Nutzung vorhandener Infrastruktur
→ Faulturm, BHKW, Gasspeicher

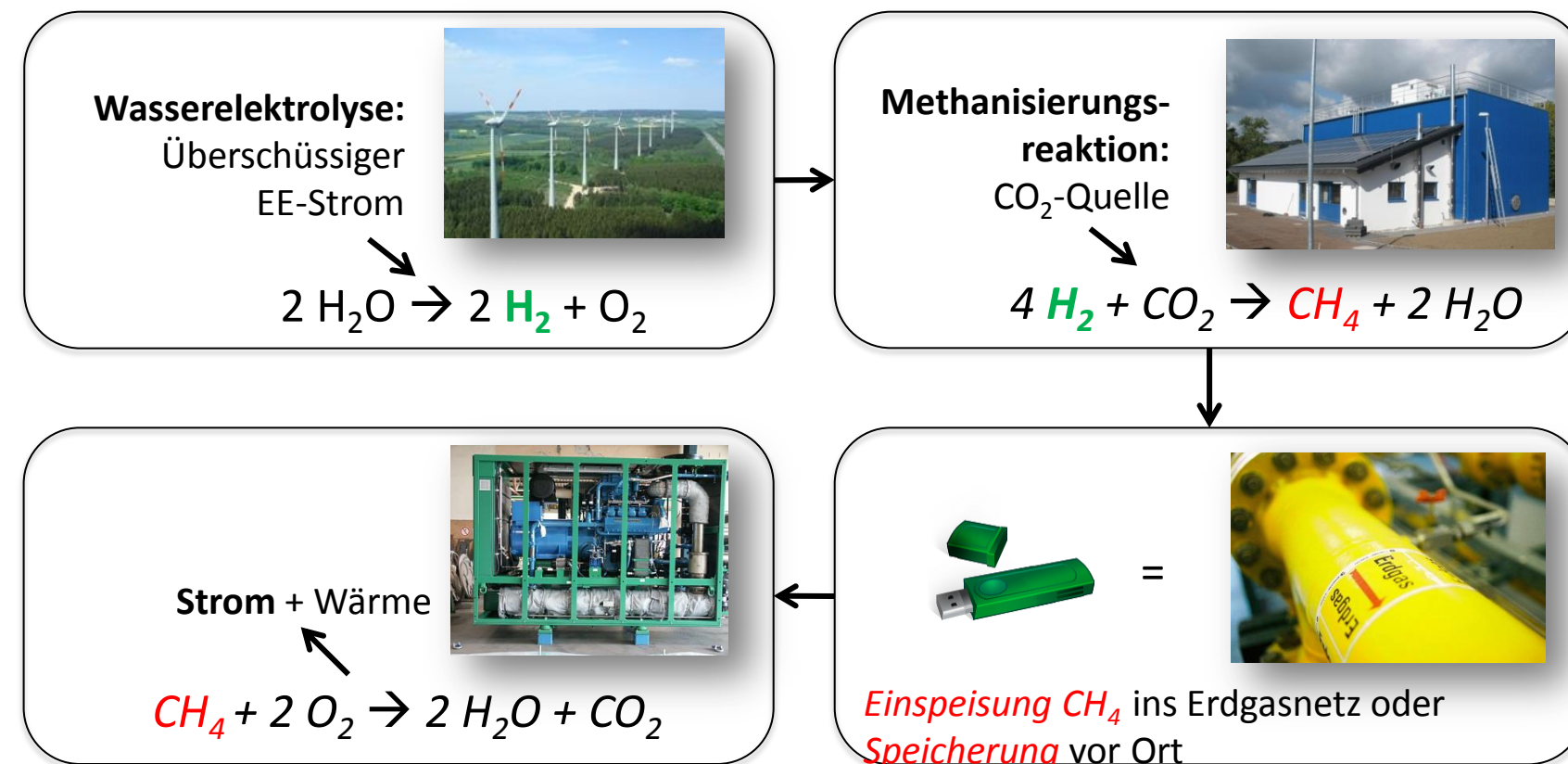
- Verwertung vorhandener Ressourcen
→ regeneratives CO₂

- Optimierung der Flexibilitätsoptionen
→ Reaktion auf Bedarf in den Netzen



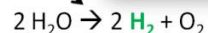
Stromverbraucher II – neue Technologien „Kläranlagen als Flexibilitätsoption“

Grundidee Power-to-Gas:



Stromverbraucher III – neue Technologien „Kläranlagen als Flexibilitätsoption“

Wasserelektrolyse:
Überschüssiger
EE-Strom



Möglichkeiten der Elektrolyse

Daten	Alkalische ELY	PEM-ELY	Hochtemperatur-Wasserdampf-ELY
Entwicklungsstand	Erfahrung seit ca. 100 Jahren	Erfahrung seit ca. 10 Jahren	Labor
Typische Größe	< 750 m³/h	< 30 m³/h	-
Elektrolyt	Lauge	Destilliertes Wasser	Wasserdampf
Betriebsweise	Bevorzugt Nennbetrieb Teil- und Überlast möglich	Dynamischer Betrieb möglich	Hohe Betriebstemperaturen (T = 700 - 1.000°C)
Kaltstartdauer	Minuten / Stunden	Sekunden / Minuten	Stunden
Vorteile	Niedrige Kosten Druck bis 30 bar möglich	Elektrolyt: Wasser Dynamischer Betrieb	Hoher Wirkungsgrad
Nachteile	Niedrige Stromdichte Wartungsaufwand	Hohe Kosten	Materialdegradation

Methanisierungs-
reaktion:
CO₂-Quelle



Technisch: Sabatier Prozess (1902)

Vorteile:

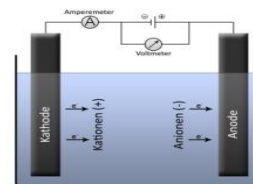
- Kontrollierbar
- Skalierung

Nachteile:

- Katalysator
- Reinheit der Gase
- Hohe Temperatur
- geringe Flexibilität
- Hoher Druck

Einsatzbereiche:

Kraftwerke, Stahl- und Zementfabriken



Überschussenergie:
Elektrolyse
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$

Methanisierung
 $4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Temperatur:
> 250 °C,
geeigneter
Katalysator

Temperatur:
40-70 °C,
wässrige
Umgebung

Biologisch: Methanogenese

Vorteile

- niedrige Temperatur
- niedriger Druck
- geringe Reinheit
- flexibel
- kleine Einheiten

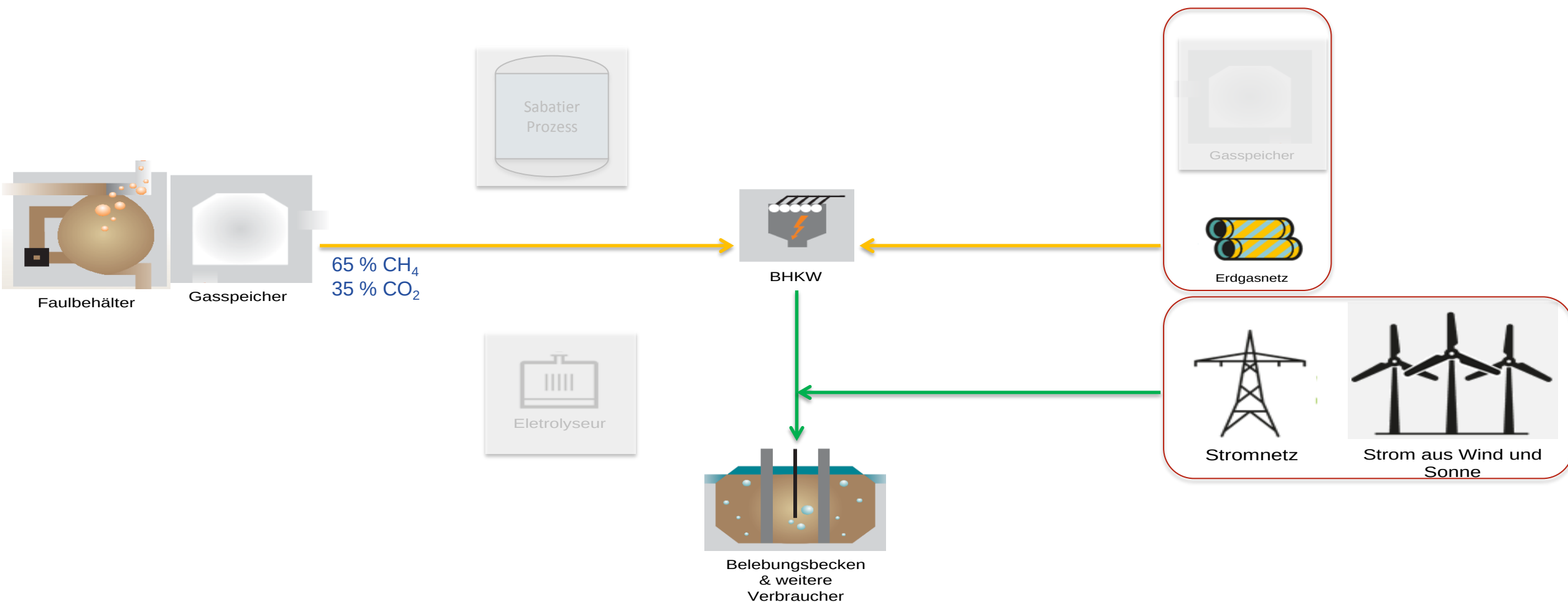
Nachteile

- Biologisches System

Einsatzbereiche:

z. B. auf Biogasanlagen

Ist-Situation auf KA mit Faulung



Ist das **permanente Verbrennen** eine wertvollen **speicherbaren EE-Ressource** wie Faulgas **dauerhaft sinnvoll?**

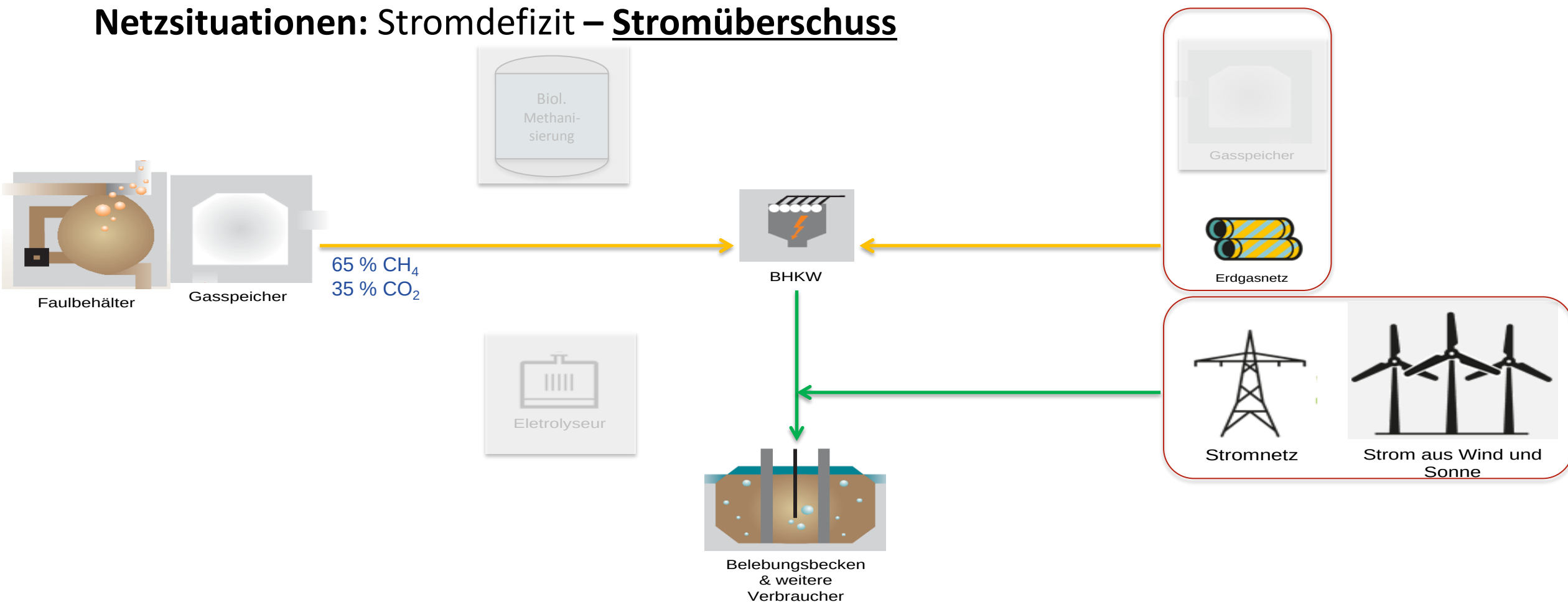


Mittelfristig Strategiewechsel

Dauerhafte Verbrennung von Faulgas nicht die Zukunft.
Verstärkte Interaktion von Bedarfen auf Kläranlagen und Angeboten im Netz
(Regelenergie, Speicherbedarfe).

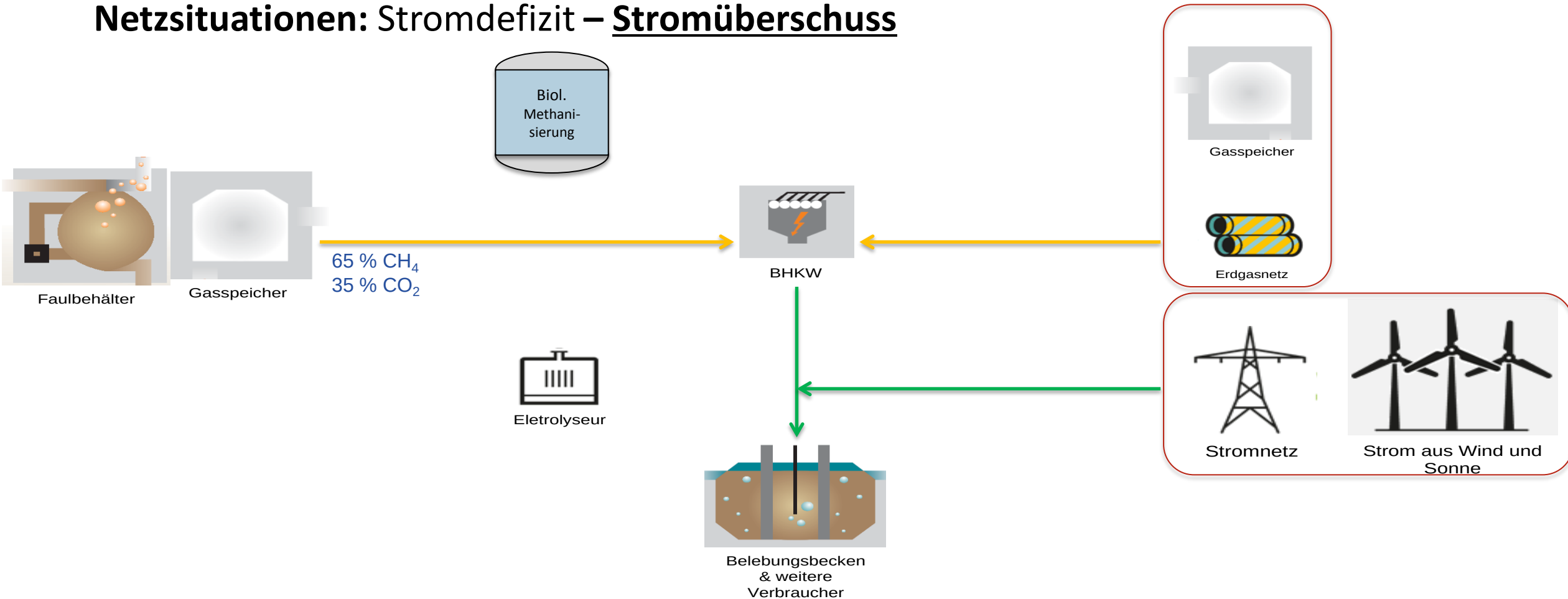
Power to Gas - Möglichkeiten der Umsetzung

Netzsituationen: Stromdefizit – Stromüberschuss



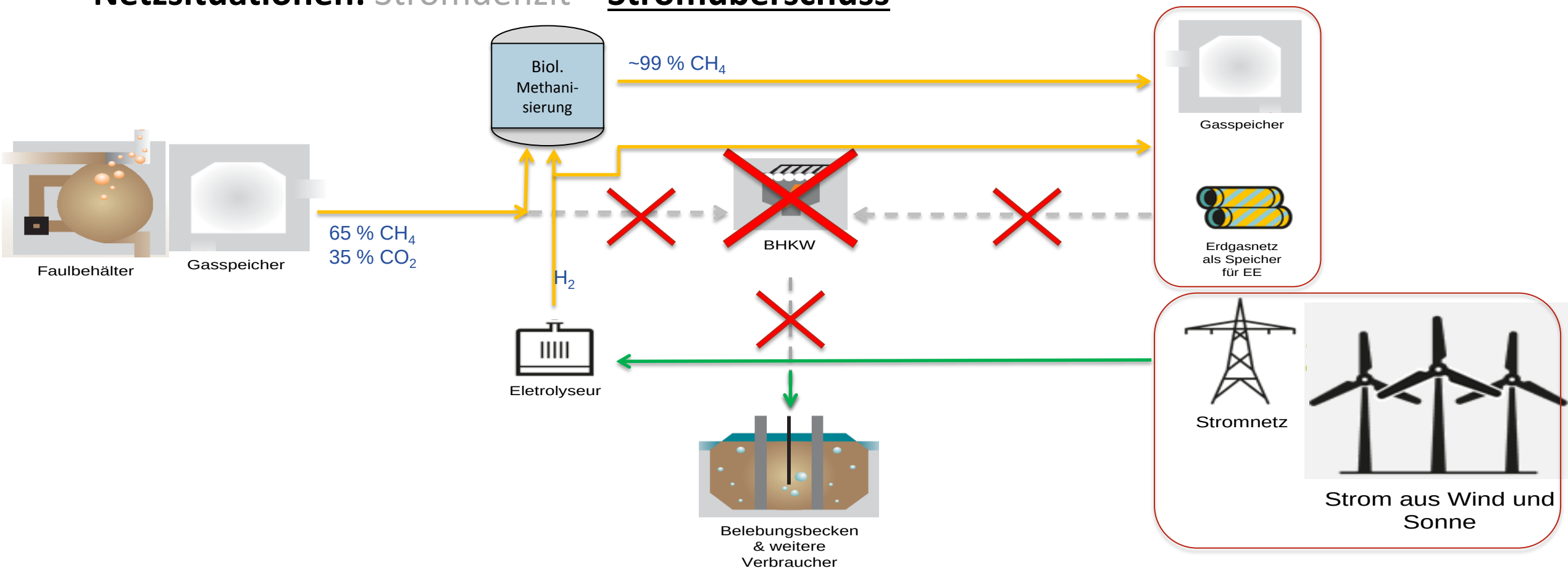
Power to Gas - Möglichkeiten der Umsetzung

Netzsituationen: Stromdefizit – Stromüberschuss



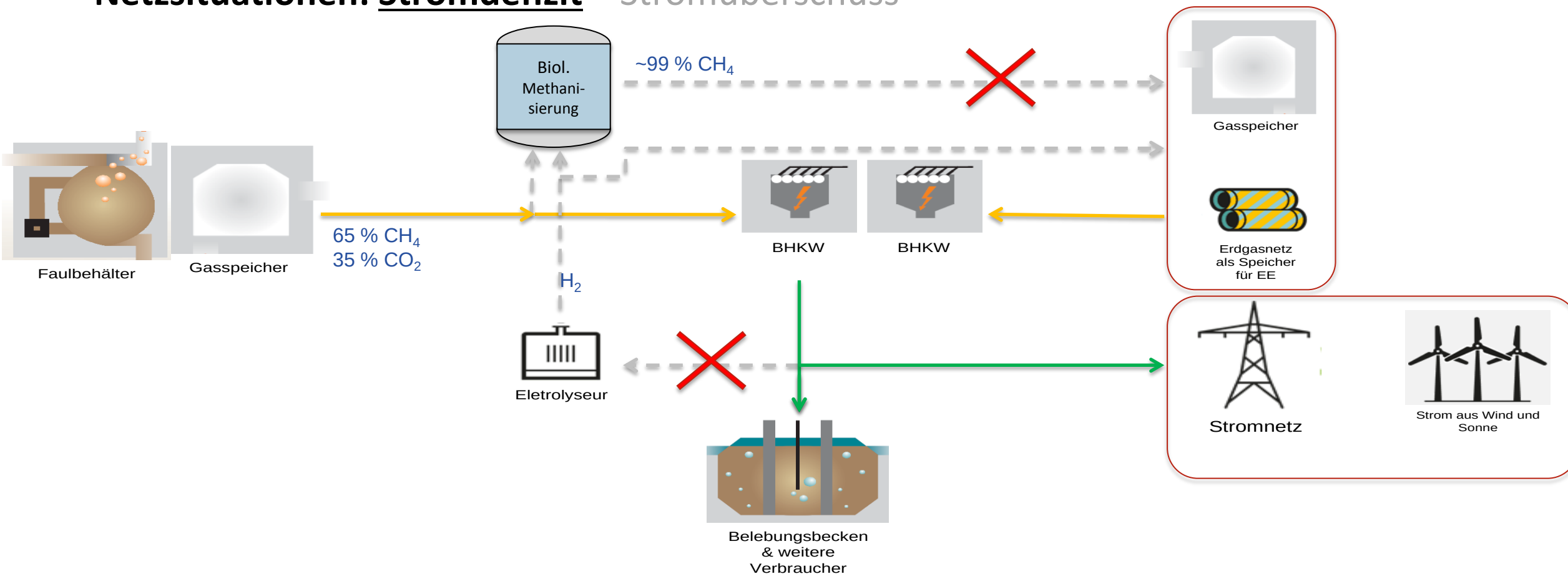
Power to Gas - Möglichkeiten der Umsetzung

Netzsituationen: Stromdefizit – Stromüberschuss

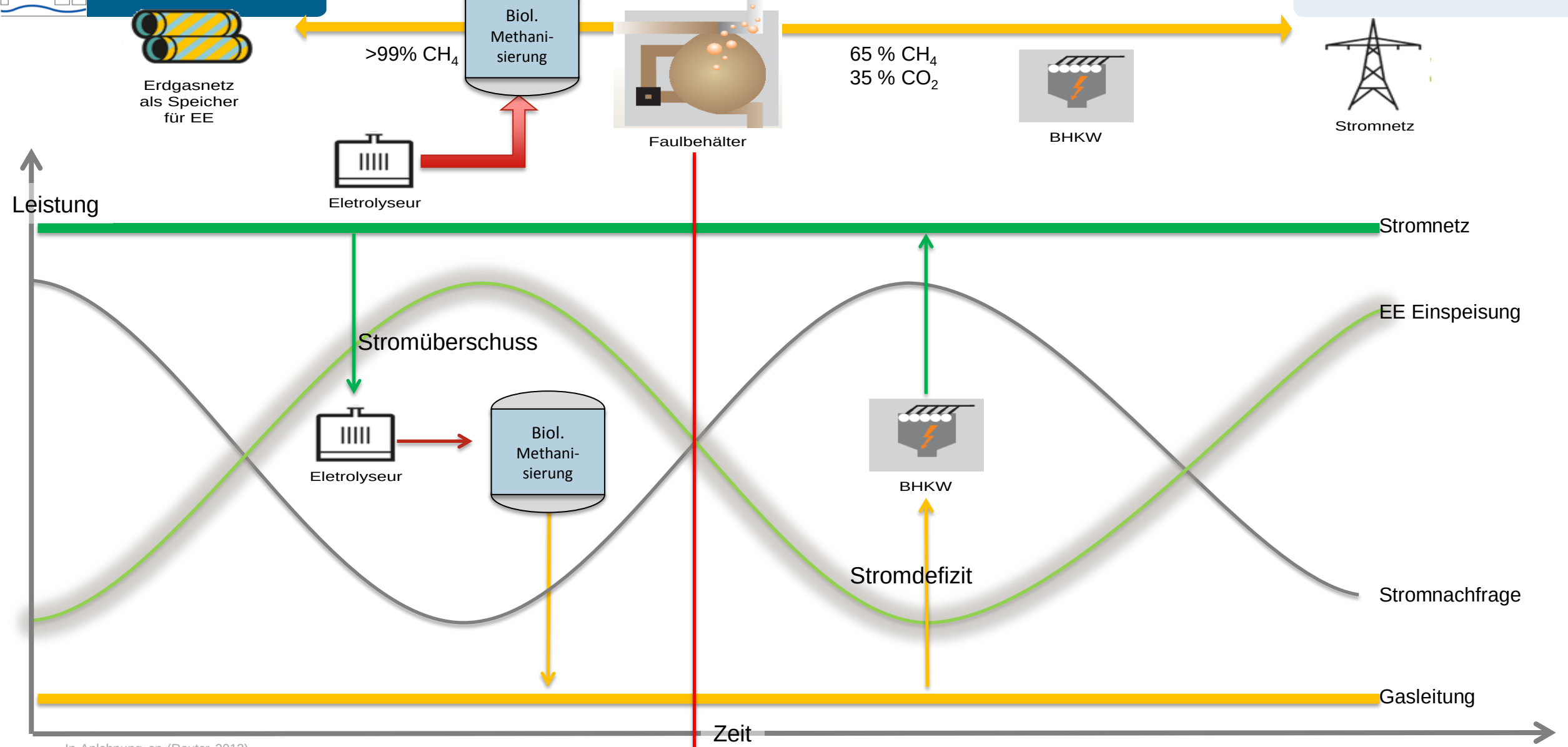


Möglichkeiten der Umsetzung:

Netzsituationen: Stromdefizit – Stromüberschuss



Vision: „Kläranlage als Regelenergiebaustein“



Gliederung

Hintergrund

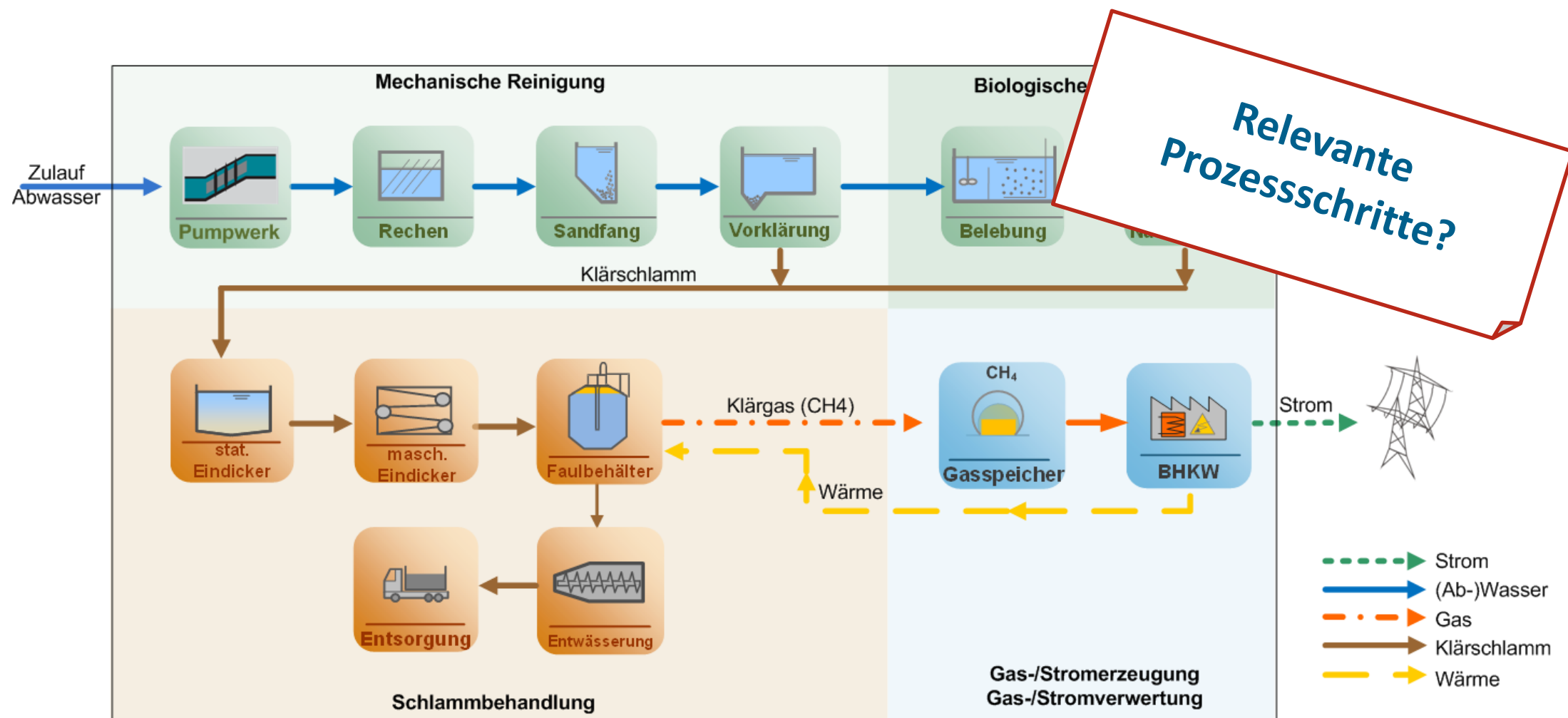
Aktuelle Projekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick



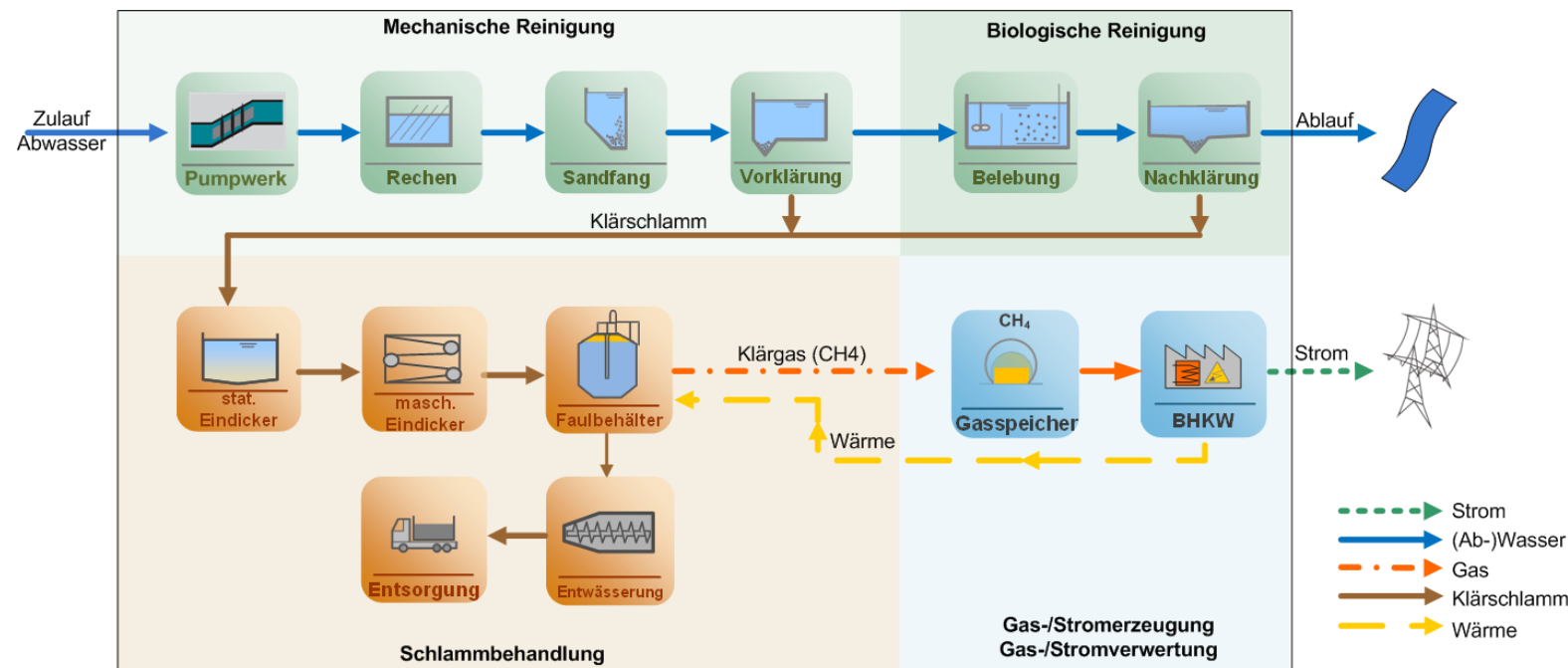
Kontinuierlich - Diskontinuierlich

Unterscheidung in...

- Prozesse der Abwasserreinigung inkl. aller daran gekoppelten Aggregate = **kontinuierlicher Prozess**
- Prozesse der Schlammbehandlung inkl. aller daran gekoppelten Aggregate = **diskontinuierlicher Prozess**

kontinuierlich
= **geringe zeitliche Flexibilität**

diskontinuierlich
= **hohe zeitliche Flexibilität**



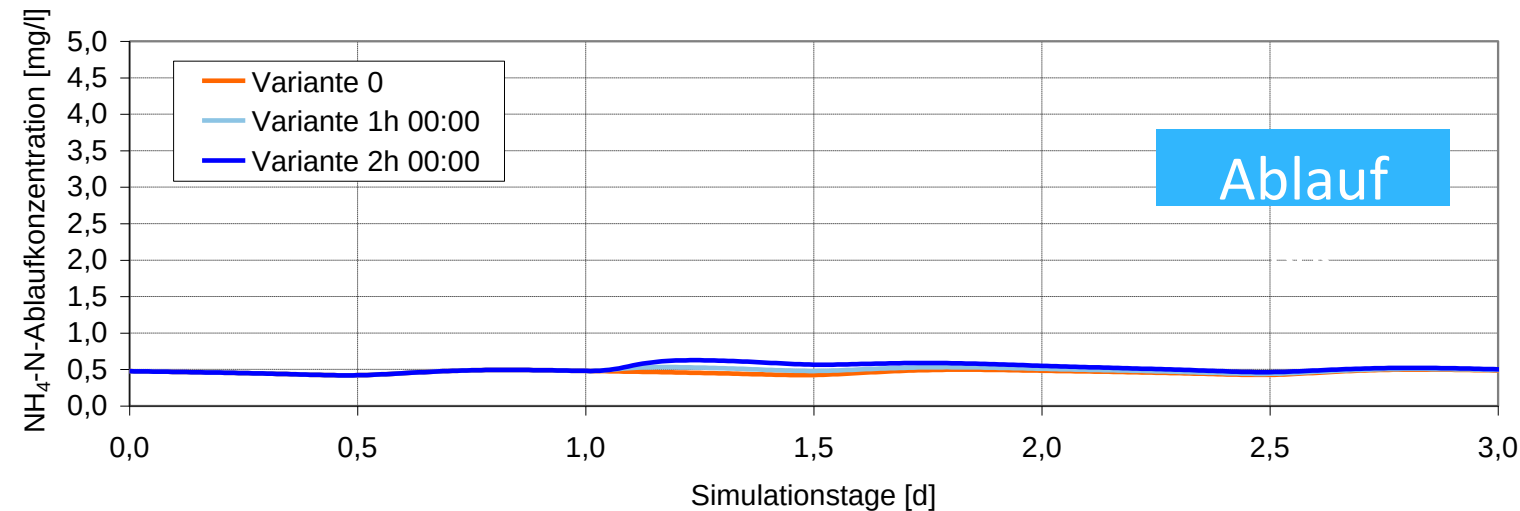
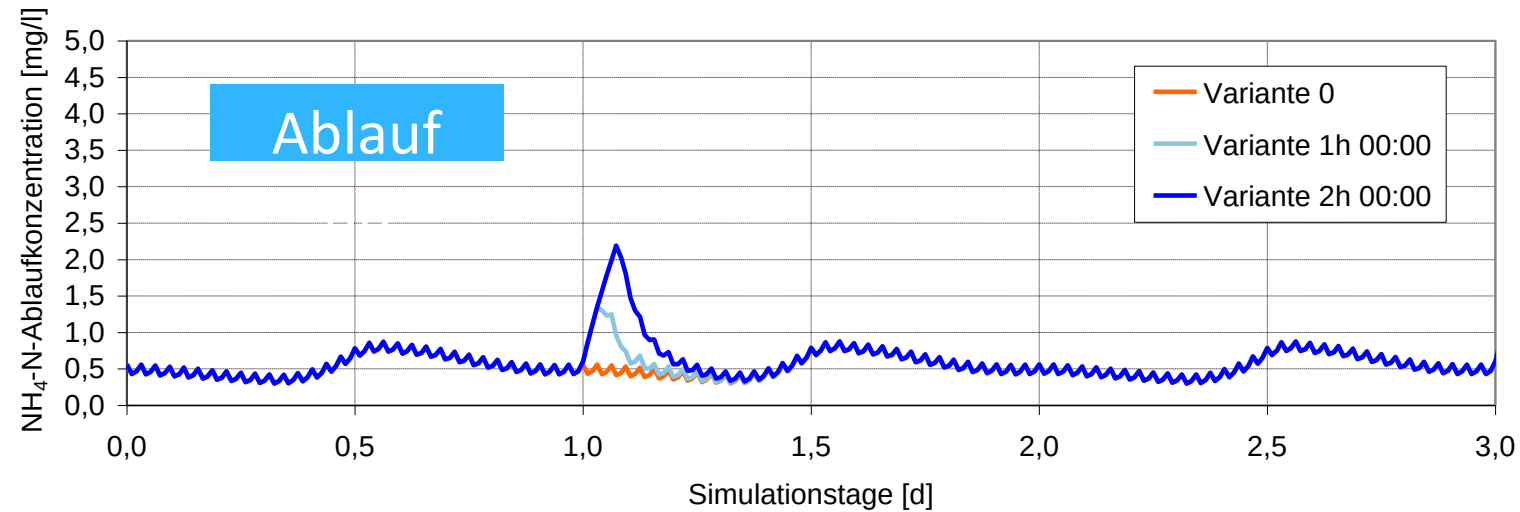
Ausschaltzeiten Aggregate	Tiefe Belastung (Nacht)					Hohe Belastung (Tag)				
	15 min	30 min	1h	2h	>2h	15 min	30 min	1h	2h	>2h
Hebewerk										
Sandfang Gebläse										
Biologie Gebläse										
Biologie Rührwerk										
Biologie RLS Pumpen										
Faulung Rührwerk										
Faulung Umwälzpumpen										
Schlammendickung und Entwässerung										

*Bedeutung für die
Reinigungsleistung?*

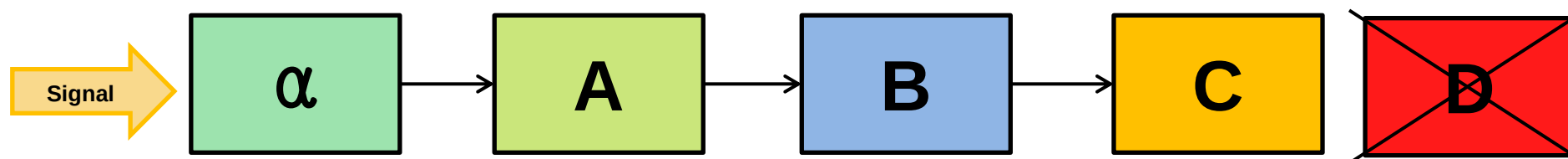
Müller 2013

Beispiel: Lastabwurf Gebläse – Einfluss auf Reinigungsleistung

- Simulation Lastabwurf für Gebläse Variation der Dauer (1h-2h)



Quelle: Inka Hobus, WiW mbH 2015



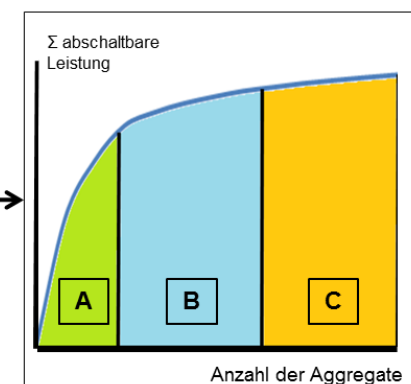
- Einstufung der Aggregate in Klassen nach Kriterien, Typ A - D
- Kriterien: Leistung, Abschaltbarkeit, ...
- „Abschaltfolge“ ergibt sich aus abgerufener Leistung
- Klasse α beinhaltet Sonderaggregate v
- Typ D entspricht der Klasse von Anlage werden (können nie abgeschaltet werden (Messtechnik zu installieren, ...))

Verfahrensgruppe	Aggregategruppe	Stromverbrauch		Betriebsstunden (für Hauptverbraucher)	
		[kWh/a]	[kWh/(E*h)]	[h/a]	[h/a]
Mechanik	Rechen	8.444	0.13	4	1.460
	Sandfang	16.903	0.26	12	4.380
	Vorklärung (inkl. PS-Pumpe)	31.714	0.45	4	1.460
Biologie	Beifütterung	626.312	9.49	24	8.760
	Umwälzung	76.892	1.17	24	8.760
	Rekultivation	25.130	0.38	24	8.760
	Rücklaufschlammfütterung	252.000	4.27	24	8.760
Nachklärung	Nachklärung	8.763	0.13	24	8.760
	Abwasserbelebte	0	0.00	24	8.760
Sonstiges	Filtration	0	0.00	24	8.760
	Voreindickung	30.288	0.46	12	4.380
Schlammbehandlung	Stabilisierung / Faulung	180.811	2.74	24	8.760
	Nachbehandlung	1.916	0.03	12	4.380
	Erntebeseitigung	41.369	0.63	8	2.920
Infrastruktur	Sonstiges	0	0.00	8	2.920
	Lüftung	100.050	1.50	24	8.760
	Elektronisierung	13.340	0.20	8	2.920
	Allgemein (Licht, o.B.)	13.340	0.20	8	2.920
	Brauchwasser	28.650	0.43	8	2.920
Sonstiges	Sonstiges	129	0.00	8	2.920
	Summe	1.486.191	22.5		

Exemplarische Aggregatliste einer KA

Verfahrensgruppe	Aggregategruppe	Stromverbrauch		Betriebsstunden (für Hauptverbraucher)	
		[kWh/a]	[kWh/(E*h)]	[h/a]	[h/a]
Mechanik	Rechen	8.444	0.13	4	1.460
	Sandfang	16.903	0.26	12	4.380
	Vorklärung (inkl. PS-Pumpe)	31.714	0.45	4	1.460
Biologie	Beifütterung	626.312	9.49	24	8.760
	Umwälzung	76.892	1.17	24	8.760
	Rekultivation	25.130	0.38	24	8.760
	Rücklaufschlammfütterung	252.000	4.27	24	8.760
Nachklärung	Nachklärung	8.763	0.13	24	8.760
	Abwasserbelebte	0	0.00	24	8.760
Sonstiges	Filtration	0	0.00	24	8.760
	Voreindickung	30.288	0.46	12	4.380
Schlammbehandlung	Stabilisierung / Faulung	180.811	2.74	24	8.760
	Nachbehandlung	1.916	0.03	12	4.380
	Erntebeseitigung	41.369	0.63	8	2.920
Infrastruktur	Sonstiges	0	0.00	8	2.920
	Lüftung	100.050	1.50	24	8.760
	Elektronisierung	13.340	0.20	8	2.920
	Allgemein (Licht, o.B.)	13.340	0.20	8	2.920
	Brauchwasser	28.650	0.43	8	2.920
Sonstiges	Sonstiges	129	0.00	8	2.920
	Summe	1.486.191	22.5		

Exemplarische Einordnung nach Abschaltkriterien



Grafische Darstellung von verfügbarer Leistung und Anzahl der Aggregate

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Projekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

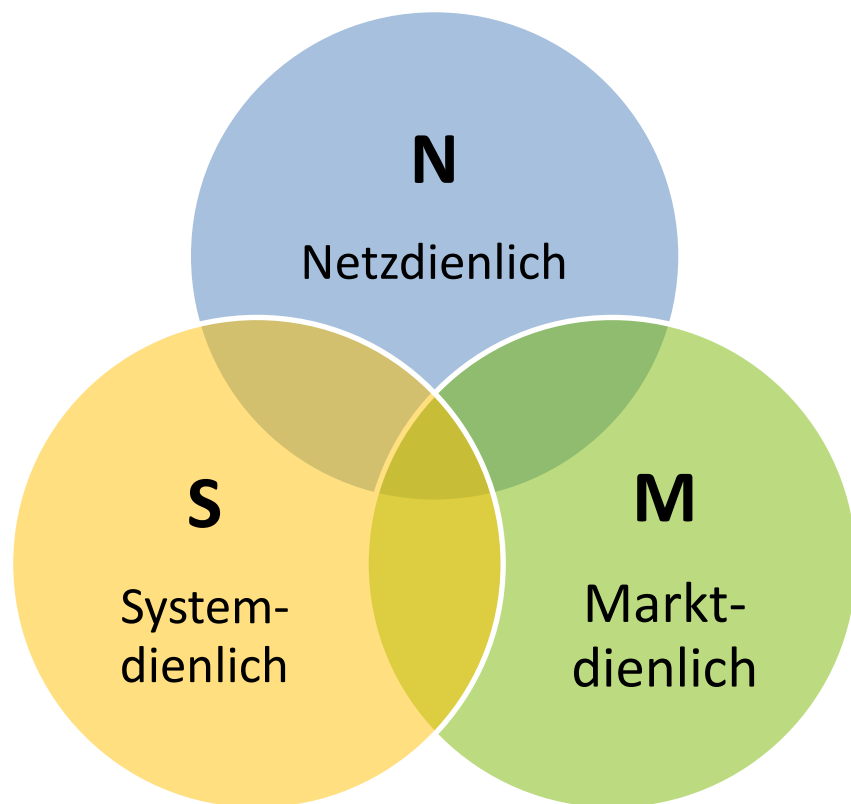
Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Beispiele für den Flexibilitätseinsatz

Zusammenfassung und Ausblick

Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Marktoptionen für Flexibilität



N - netzdienlich

→ lokale Netzdienstleistung
(Spannungshaltung und
Betriebsmittelauslastung)

S - systemdienlich

→ Regelleistung (Frequenzhaltung)

M - marktdienlich

→ Portfolio- bzw. Bilanzkreisoptimierung
(Beschaffungsoptimierung / Vermeidung von
Ausgleichsenergie)

} = **Regelenergie**

} = **Flexibilität**

Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Regelenergie auf der Kläranlage Kaiserslautern (Systemdienlich)



■ Wasser- und Abwassermanagement
■ Erschließung und Baugrundstücke

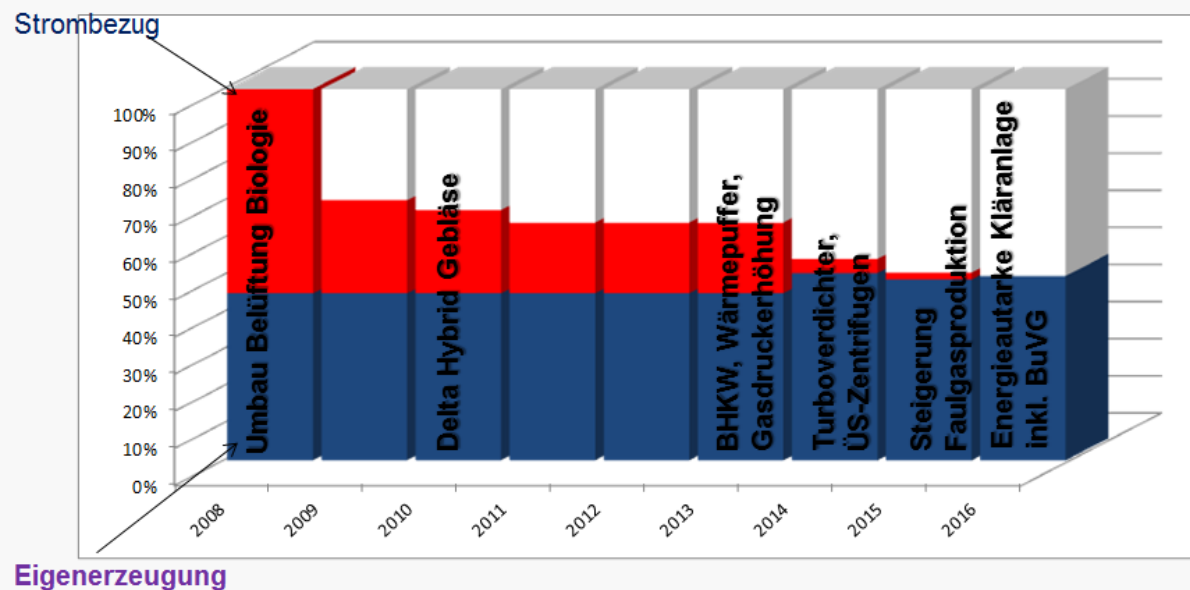
■ Regenerative Energien
■ Belüftungssystem



STADTENTWÄSSERUNG
KAISERSLAUTERN
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS



Energieerzeugung/-verbrauch



Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Regelenergie auf der Kläranlage Kaiserslautern



- Wasser- und Abwassermanagement
- Erschließung und Baugrundstücke

- Regenerative Energien
- Belüftungssystem



STADTENTWÄSSERUNG
KAISERSLAUTERN
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS



Regelenergiepotenziale

- Außenanlagen
 - Klärschlammmentwässerungen
 - Notstromanlagen
 - Heizwerke
- Zubaupotenziale
 - „Power to Gas“
 - „Power to Heat“
 - „Vanadium Redox Flow Batterie“
- Anlagen Kläranlage-KL
 - BHKW
 - Verdichter (Belebungsbecken)
 - Zentrifugen



Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Regelenergie auf der Kläranlage Kaiserslautern



■ Wasser- und Abwassermanagement
■ Erschließung und Baugrundstücke

■ Regenerative Energien
■ Belüftungssystem



STADTENTWÄSSERUNG
KAISERSLAUTERN
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS



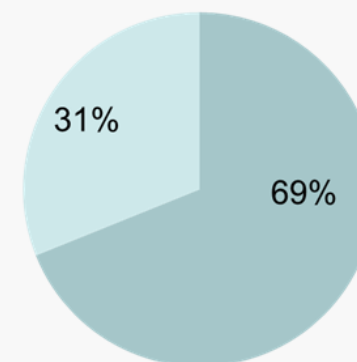
Fazit/Ausblick

- Regelenergiepotenzial Gesamtpotenzial
 - BHKW, Zentrifugen, P2G, P2H, Verdichter, NEA etc.
 - Neg. MRL = 4,16 MW
 - Pos. MRL = 1,01 MW

156.000€/a

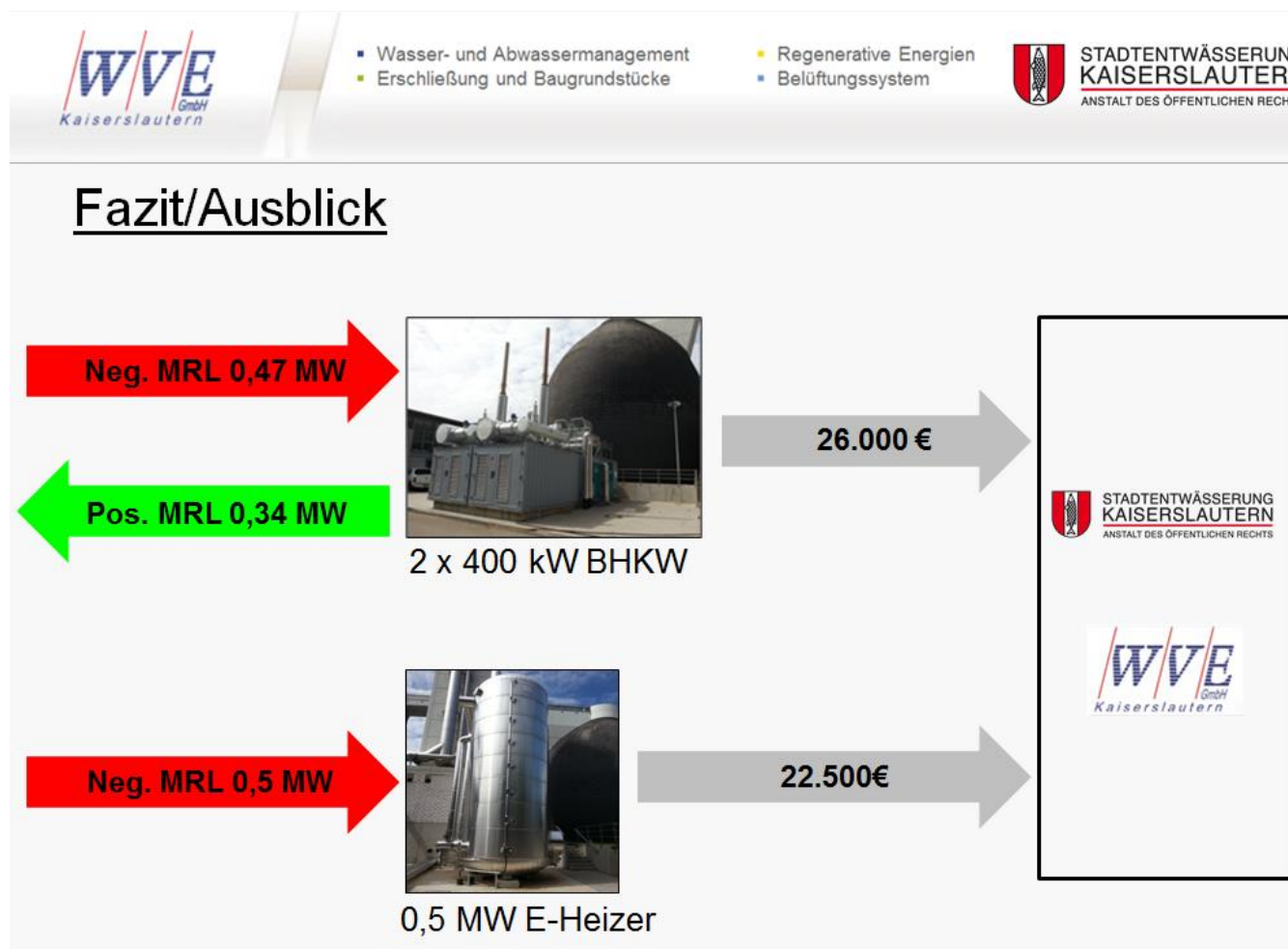
- 1. Schritt Umsetzbares Potenzial
 - BHKW, P2H
 - Neg. MRL = 0,97 MW
 - Pos. MRL = 0,34 MW

48.500€/a



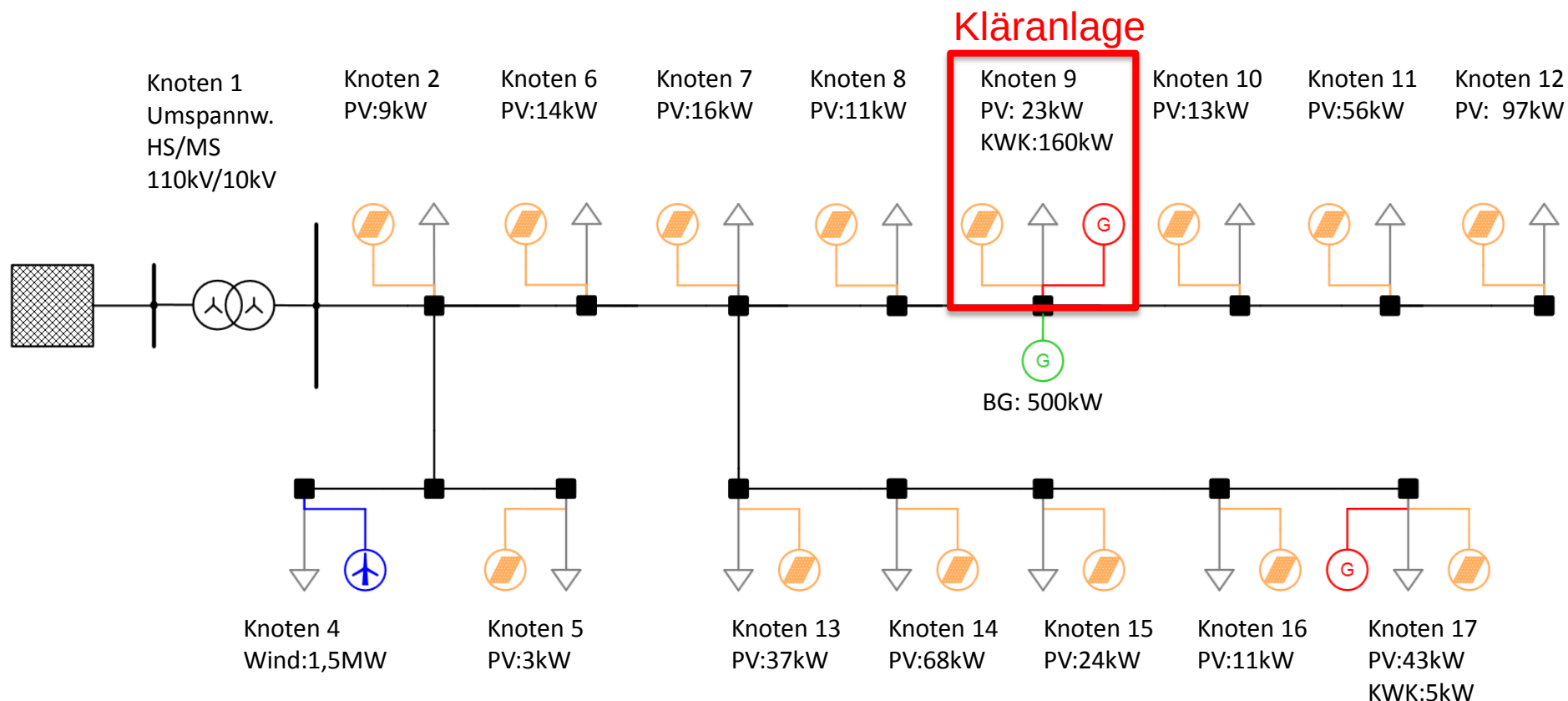
Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Regelenergie auf der Kläranlage Kaiserslautern



Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

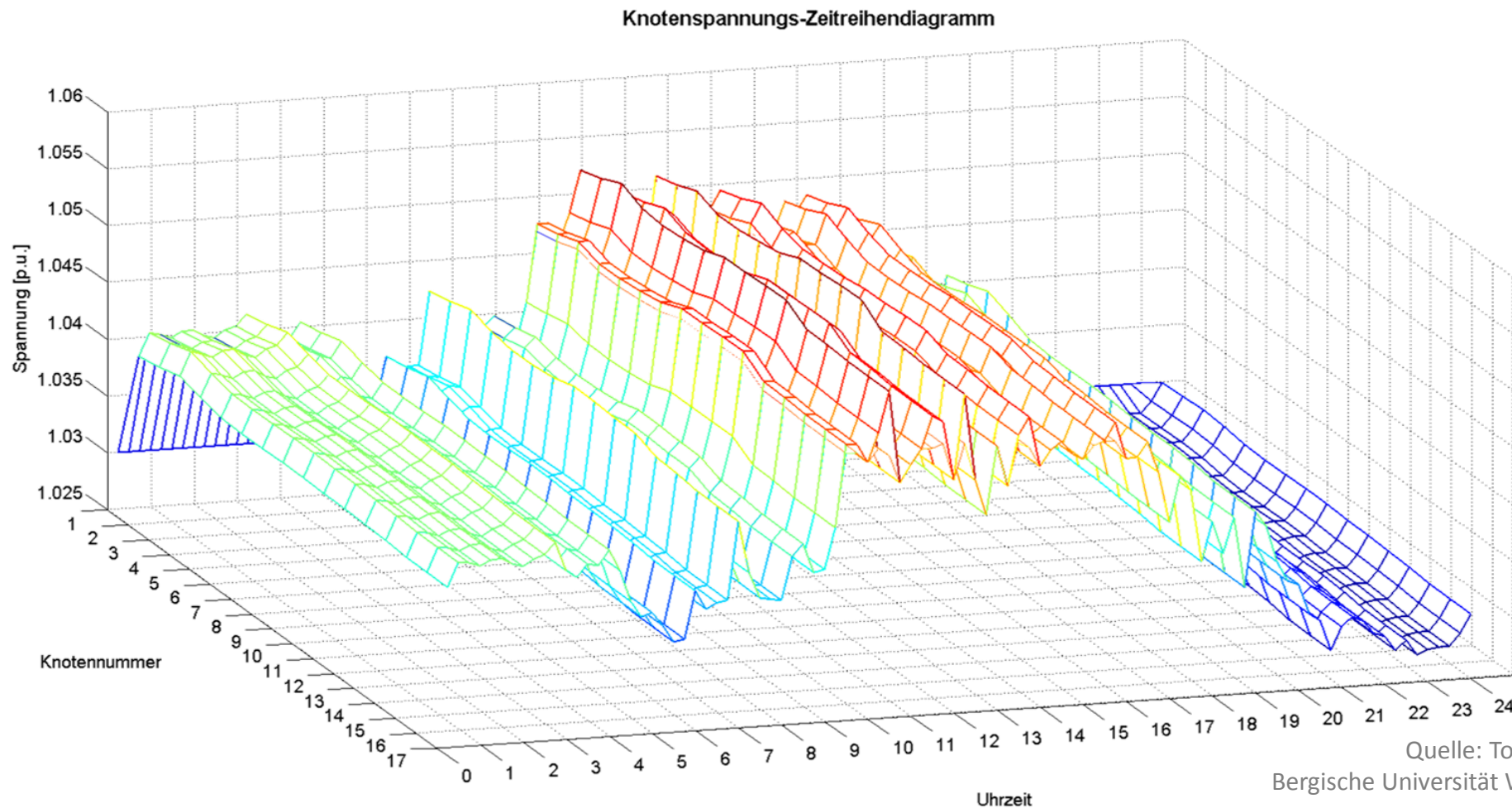
Auswirkungen auf das Verteilnetz (Netzdienlich)



Quelle: Tobias Kornrumpf,
Bergische Universität Wuppertal 2015

Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

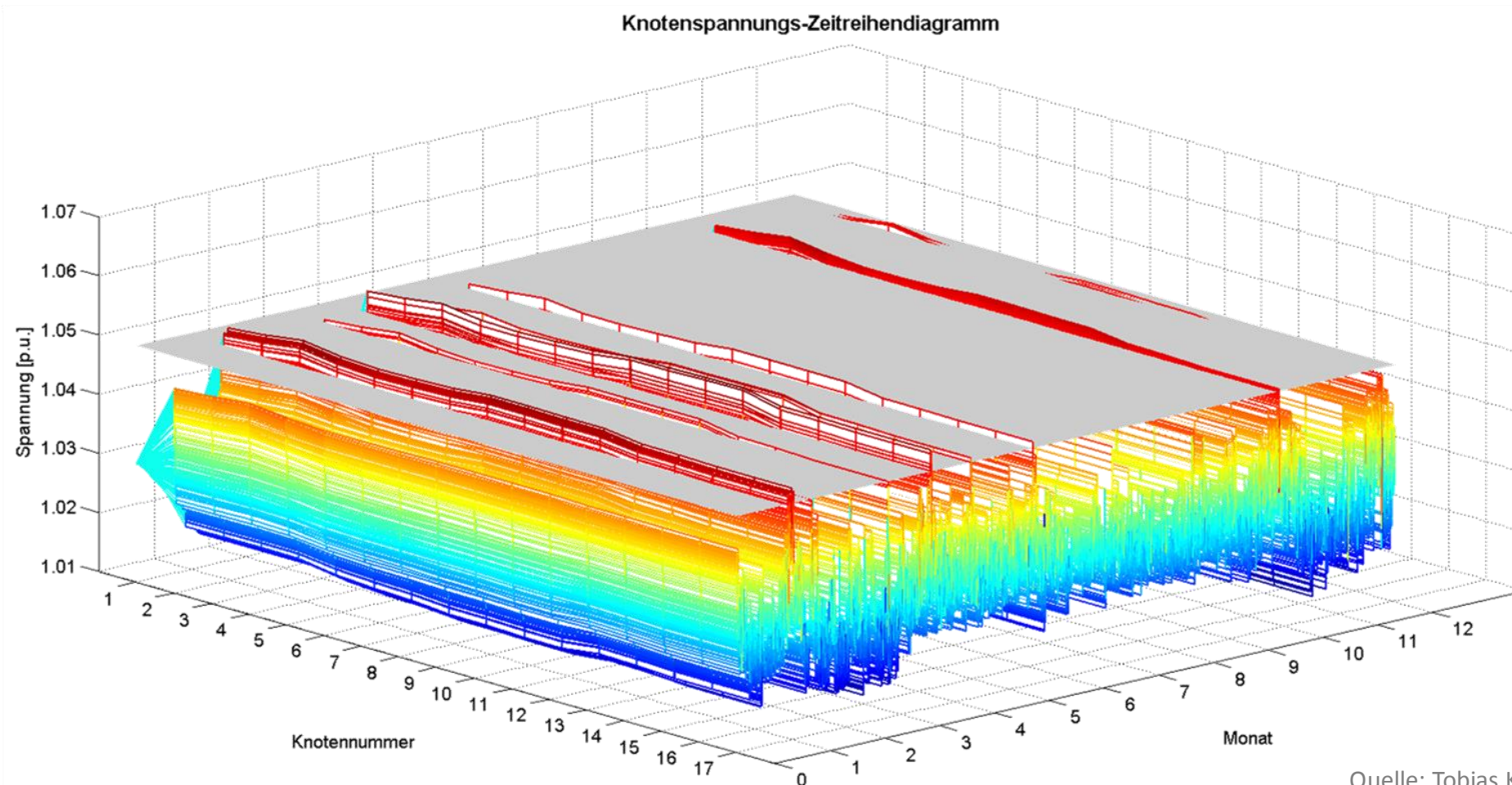
Auswirkungen auf das Verteilnetz - Tagesgang



Quelle: Tobias Kornrumpf,
Bergische Universität Wuppertal 2015

Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Auswirkungen auf das Verteilnetz - Jahresgang



Quelle: Tobias Kornrumpf,
Bergische Universität Wuppertal 2015

Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität Heute und in Zukunft

Auswirkungen auf das Verteilnetz - Jahresgang

*Erkenntnisse für die exemplarische Konstellation aus Netz, Szenarien und Zeitreihen
(Radevormwald OG 2035):*

- Kumulierte Abrufdauer: ~42h/Jahr (166 Viertelstunden)
- Überwiegend kurze Einzelabrufe: 15-30min
- Größenordnung der Netzprobleme liegt im Potentialbereich der Kläranlage!
- Auch Teilbeiträge zur Problemlösung sind sinnvoll!

Quelle: Tobias Kornrumpf,
Bergische Universität Wuppertal 2015

Gliederung

Hintergrund

Aktuelle Projekte

Energieverbrauch und Energiepotenziale in Kläranlagen

Flexibilität der Energieverbraucher und -erzeuger

Bewertung unterschiedlicher Verfahren und Anlagen

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung & Ausblick I

- Faulungsanlagen mit KWK können schon heute ab einer bestimmten Leistung am Regelenergiemarkt teilnehmen
- Potenziale der Prozesse und Auswirkungen auf die Reinigungsleistung werden derzeit detaillierter betrachtet
- Potenzial für eine 2- bis 3-fache Steigerung der verfügbaren KWK-Leistung vorhanden
- Potenziale für neue Technologien (Elektrolyse, Methanisierung) werden noch näher quantifiziert und Vermarktungsmodelle entwickelt

Mit dem Grünbuch "Ein Strommarkt für die Energiewende" hat das BMWi die breite Diskussion über das zukünftige Strommarktdesign eröffnet. Die DWA begrüßt dies und nimmt im Rahmen der öffentlichen Konsultation dazu wie folgt Stellung:

Der Energiesektor befindet sich in einem Umbauprozess. Kurz- und mittelfristig wird der Anteil von dezentralen Energieerzeugern weiter zunehmen. Zum Ausgleich und zur Vermeidung der zeitweisen Abregelung von volatilen erneuerbaren Energieerzeugern (z.B. Wind- und Sonnenenergie) ist ein entsprechendes Potential an Flexibilität und in Zukunft auch an Speichermöglichkeiten erforderlich. Die regionale Wasserwirtschaft in Deutschland kann mit ihren energetischen Speicher- und Erzeugungsmöglichkeiten zur Erreichung der energiepolitischen Ziele beitragen.

Kläranlagen sind als Erzeuger erneuerbarer Energien in der Fläche existent und viele Akteure der Abwasserwirtschaft wollen sie in den Strommarkt für die Energiewende verlässlich und dauerhaft einbinden. Kläranlagen bieten außerdem hervorragende technische Voraussetzungen, um mittelfristig Energie speichern und damit Flexibilitätsoptionen wie Speicher und Systemdienstleistungen zugleich bereitstellen zu können.

Kläranlagen können in der anstehenden und vom BMWi im Grünbuch (Kapitel 1 und 2) treffend beschriebenen Übergangsphase zum Gelingen der Energiewende beitragen.

Große Abwasserreinigungsanlagen und andere Anlagen der Wasserwirtschaft können im jetzigen Strommarkt, beispielsweise im Regelleistungsmarkt, bereits ein konkurrenzfähiger Akteur sein. Dies gilt, wenn sich Kläranlagen in sogenannten virtuellen Kraftwerken einbringen, um ein kostengünstiger, verlässlicher und erfolgreicher Strommarktakteur zu werden.

Darüber hinaus können Abwasserreinigungsanlagen ab einer gewissen Größe und technischen Ausstattung mittelfristig Elektrolyse- und Methanisierungsverfahren (Power-to-Gas) anbieten. Kläranlagen mit Faulungstechnik bieten eine regenerative CO₂-Quelle, um Wasserstoff in Biomethan umzuwandeln und gasnetztüchtig zu machen, im Sinne der vom BMWi im Kapitel 8 dargestellten Klimaschutzziele. Abwasserreinigungsanlagen kombinieren die Potentiale unterschiedlicher Technologien, sie sind also gleichzeitig Akteur im Strom-, im Gas- und im Wärmesektor; die Potentiale solcher energiespartenübergreifender Kopplungen könnten im Weißbuch besondere Berücksichtigung bekommen.

Kläranlagen könnten künftig fester Bestandteil der deutschen und europäischen Flexibilitätsmärkte sein. Die Marktteilnahme ist im reinen Strommarkt 2.0 oder mit Hilfe zusätzlich institutionalisierter Kapazitätsmärkte möglich und hängt letztlich entscheidend von Detaillagestaltungen ab. Dabei geht es um die sinnvolle Nutzung

1

bestehender Optionen und die Hebung von Synergien, ohne die Hauptaufgabe „Abwasserreinigung“, gerade auch als eine zentrale Leistung im Rahmen der Daseinsvorsorge, zu erschweren. Die auf Kläranlagen vorhandenen Flexibilitätsoptionen können konkurrenzfähig sein, technische Details, wie diese Optionen zu erschließen sind, werden derzeit in unterschiedlichen Forschungsvorhaben untersucht.

Die entscheidende Frage für die Wasserwirtschaft ist, wie die Markteintrittshürden für kleinere Akteure wie Abwasserreinigungsanlagen konkret aussehen. So sollten die Markteintrittshürden für Betreiber von virtuellen Kraftwerken ermutigend für den Markteintritt sein. Die Zahlen des Grünbuchs zeigen zudem, dass die Anzahl präqualifizierter Anbieter auf den Regelleistungsmärkten immer noch recht gering ist. Um diese Potentiale weiter zu erschließen, sollten die Mindestangebotsgrößen am Regelleistungsmarkt weiter verkleinert werden. In der Ausgestaltung der Präqualifizierungs- und Ausschreibungsbedingungen durch die Bundesnetzagentur ist ein wichtiger Hebel zu sehen, um der Daseinsvorsorge verpflichtete Energiewende-Akteure aus der Abwasserwirtschaft bei der Gestaltung der zukünftigen Märkte sinnvoll einbeziehen zu können.

Deswegen ist für die Wasser- und Abwasserwirtschaft das politische Signal wichtig, ein willkommener Akteur der Energiewende zu sein.

Kontaktadresse:

DWA Bundesgeschäftsführer

Bauas, Dipl.-Ing. Johannes Lohaus
DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hesse

Tel.: + 49 2242 872-110
Fax: + 49 2242 872-6250

E-Mail: lohau@dwade
www.dwa.de

Zusammenfassung & Ausblick II (DWA-Stellungnahme Grünbuch)

Kläranlagen sind als Erzeuger erneuerbarer Energien in der Fläche existent und viele Akteure der Abwasserwirtschaft wollen sie in den Strommarkt für die Energiewende verlässlich und dauerhaft einbinden. Kläranlagen bieten außerdem hervorragende technische Voraussetzungen, um mittelfristig Energie speichern und damit Flexibilitätsoptionen wie Speicher und Systemdienstleistungen zugleich bereitstellen zu können.

Abwasserreinigungsanlagen kombinieren die Potentiale unterschiedlicher Technologien, sie sind also gleichzeitig Akteur im Strom-, im Gas- und im Wärmesektor; die Potentiale solcher energiespartenübergreifender Kopplungen könnten im Weißbuch besondere Berücksichtigung bekommen.

Die entscheidende Frage für die Wasserwirtschaft ist, wie die Markteintrittshürden für kleinere Akteure wie Abwasserreinigungsanlagen konkret aussehen. So sollten die Markteintrittshürden für Betreiber von virtuellen

Deswegen ist für die Wasser- und Abwasserwirtschaft das politische Signal wichtig, ein willkommener Akteur der Energiewende zu sein.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.erwas-arrivee.de

siwawi.bauing.uni-kl.de

Dipl.-Ing. Oliver Gretzschel , Dipl.-Ing. Michael Schäfer



Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft