

arrivee



Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein
in intelligenten Verteilnetzen mit
erneuerbarer Energieerzeugung

DWA Energietage 2015

Oliver Gretzschel, Michael Schäfer, Theo G. Schmitt, FG Siwawi TU Kaiserslautern
Inka Hobus, WiW mbH, Wuppertal

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

Gliederung

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick



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.

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

Status Quo:

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

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 Regelernergie) 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 Regelernergiekonzept.**

Hintergrund und Grundlagen

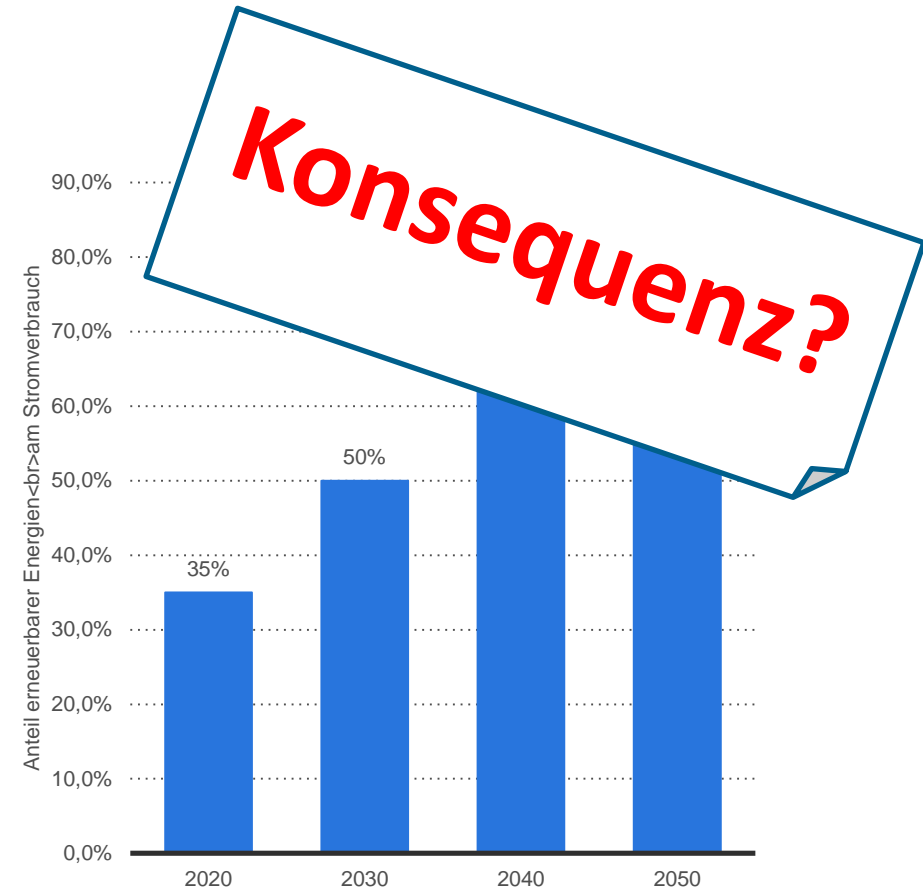
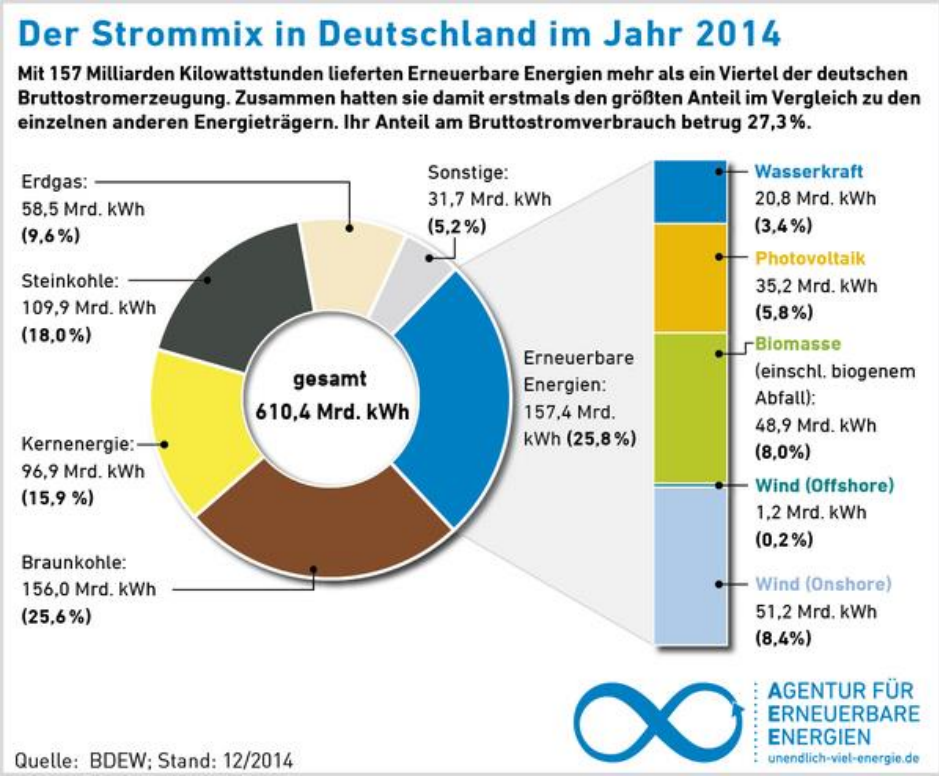
Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick



Hintergrund und Grundlagen

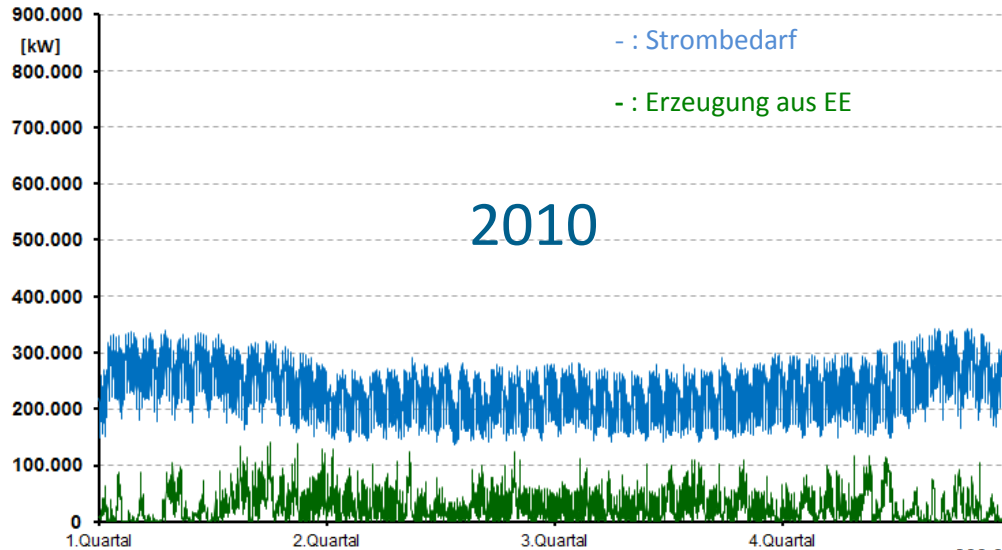
Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

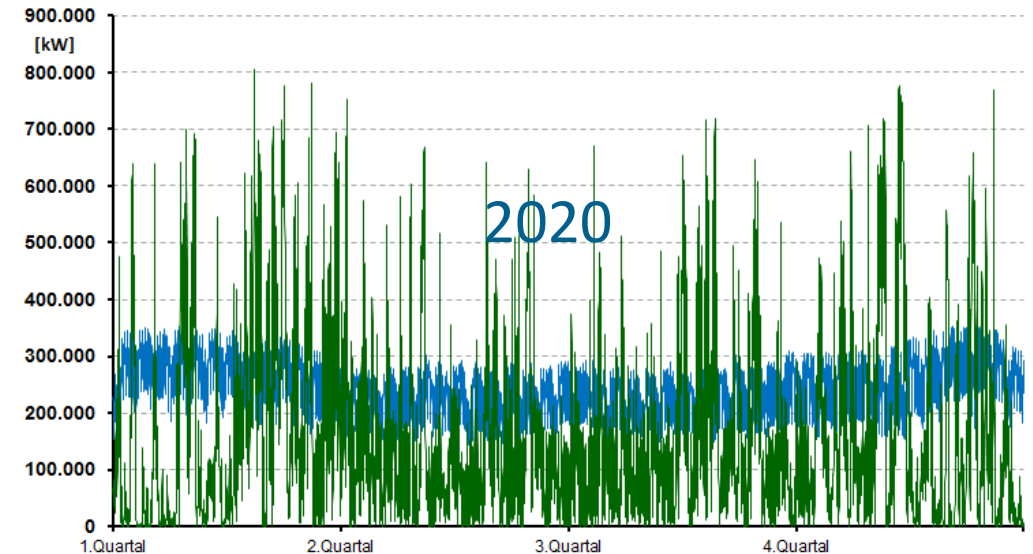
Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

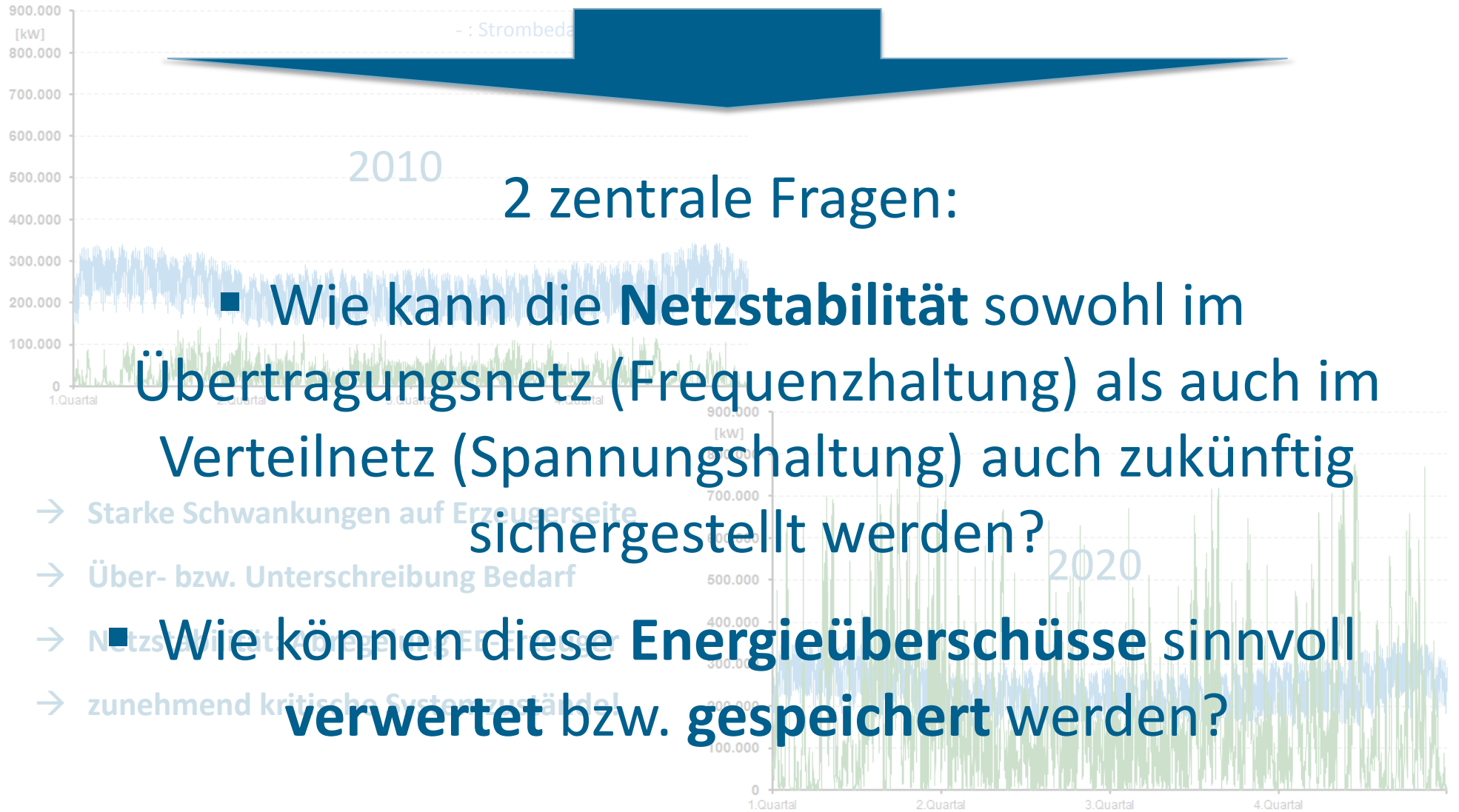


- Bedarf > EE-Erzeugung
- Unterschreibung Bedarf
- Netzstabilität: unproblematisch
- keine kritischen Systemzustände!

- Starke Schwankungen auf Erzeugerseite
- Über- bzw. Unterschreibung Bedarf
- Netzstabilität: Abregelung EE-Erzeuger
- zunehmend kritische Systemzustände!



- Hintergrund und Grundlagen
- Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte
- Potenziale und Regelkonzept
- Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb
- Märkte für Flexibilität
- Zusammenfassung und Ausblick



Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

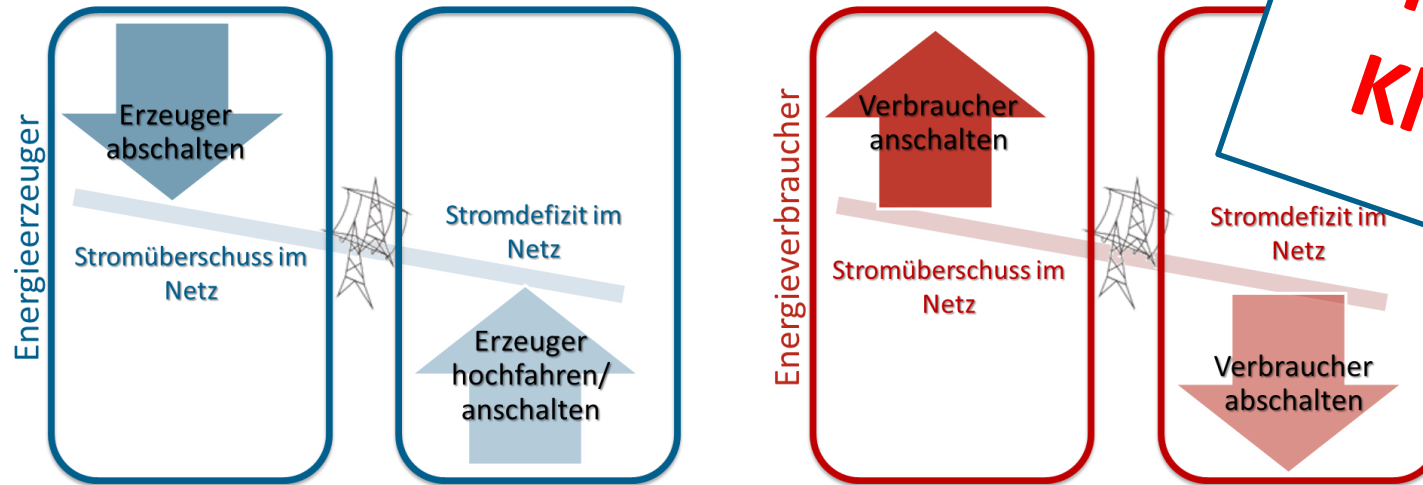
Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

→ Flexibilitätsoptionen



Stromverbraucher bzw. -erzeuger = **Flexibilitätsoption**
 Flexible Fahrweise → flexible Last → Dienstleistung
 Markt: abh. von Anlagencharakteristik (z. B. Geschwindigkeit des Anfahrens)

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

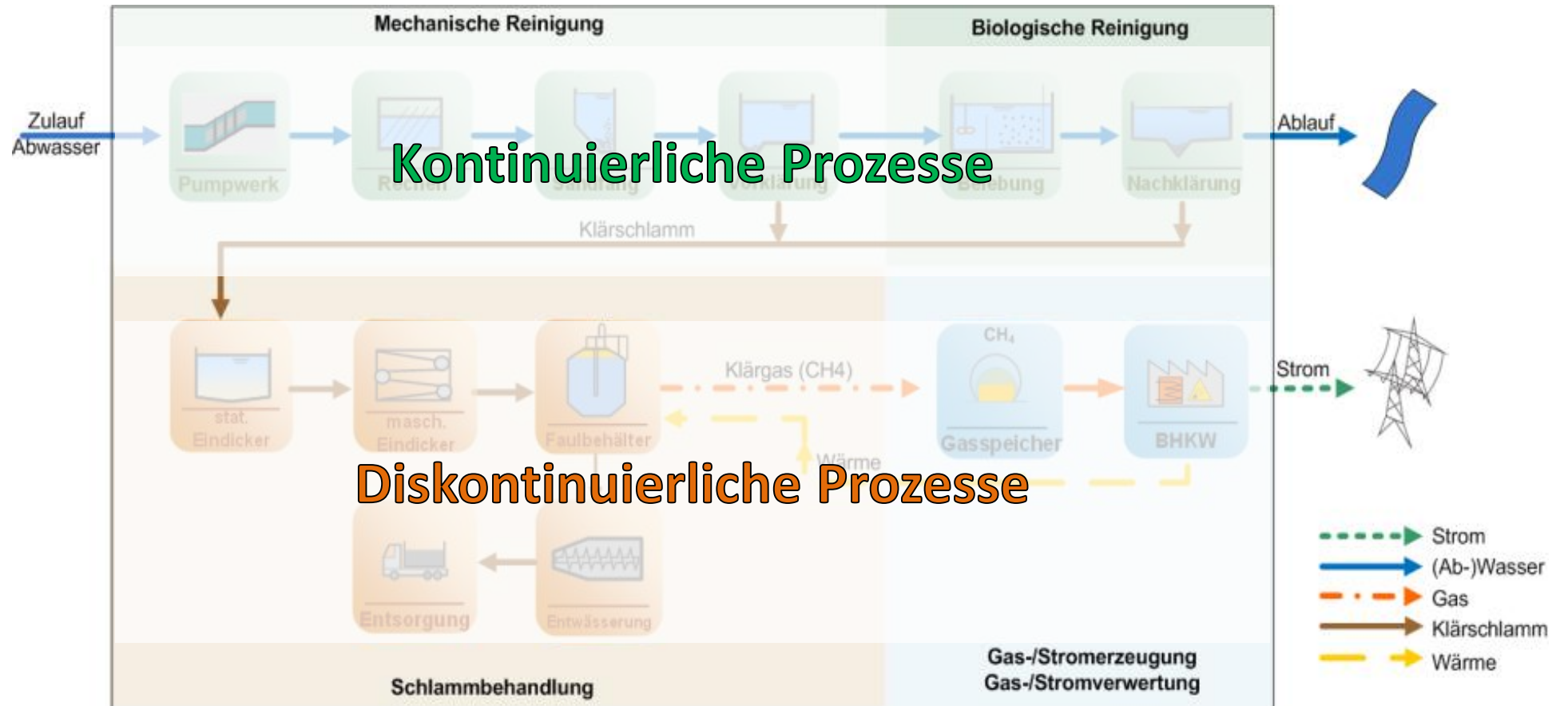
Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

... im Kläranlagebestand



Hintergrund und Grundlagen

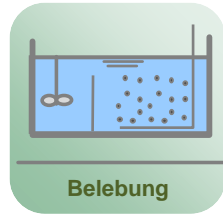
Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

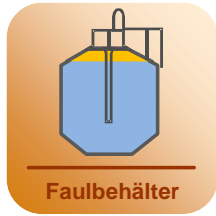
Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick



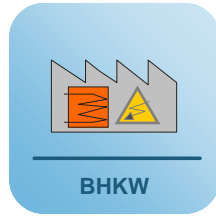
Belebung



Faulbehälter



Gasspeicher



BHKW



Größter Stromverbraucher

Regeloptionen:

- Intermittierender Betrieb
- Nutzung von Reinsauerstoff

Konstante CH₄ Produktion

Regeloptionen:

- Co-Fermentation
- Zusätzliche Methanproduktion durch Zugabe von H₂

Lokale Zwischenspeicherung

Regeloptionen:

- Zwischenspeicherung zur effizienten Nutzung des BHKWs und des Elektrolyseurs

Strom- und Wärmeproduktion

Regeloptionen:

- Nutzung bei freien Kapazitäten
- Nutzung von redundanten BHKWs und Notstromaggregaten

Bestand

+ weitere Aggregate z. B. der Schlammwässerung oder Netzersatzanlagen

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

... durch innovative Anlagentechnik

Hintergrund:

- Nutzung vorhandener Infrastruktur
→ Faulturm, BHKW, Gasspeicher

- Verwertung vorhandener Ressourcen
→ regeneratives CO₂

- Optimierung der Flexibilitätsoptionen
→ Reaktion auf Bedarf in den Netzen



Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

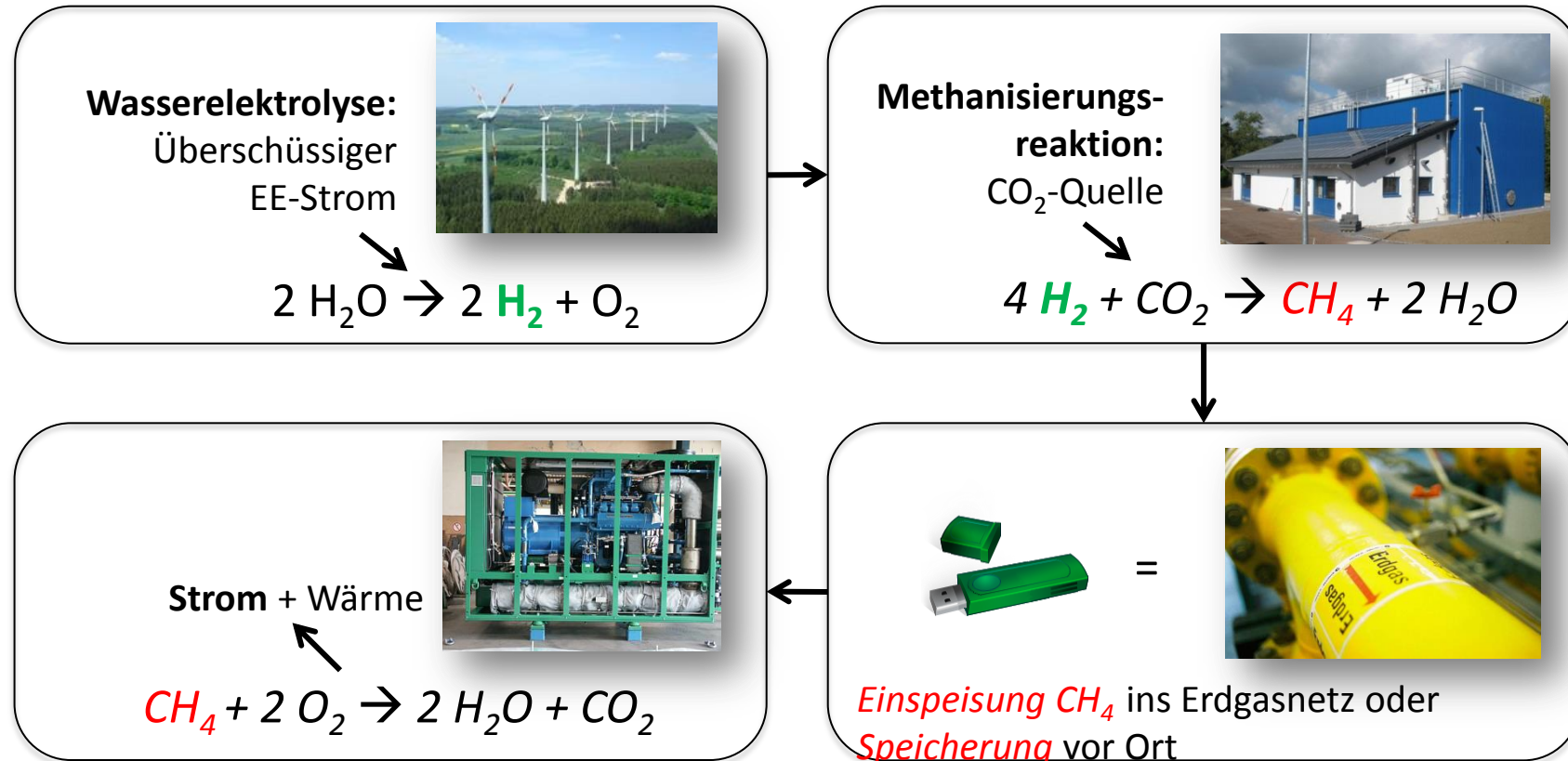
Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

... durch innovative Anlagentechnik, z. B. Power-to-Gas

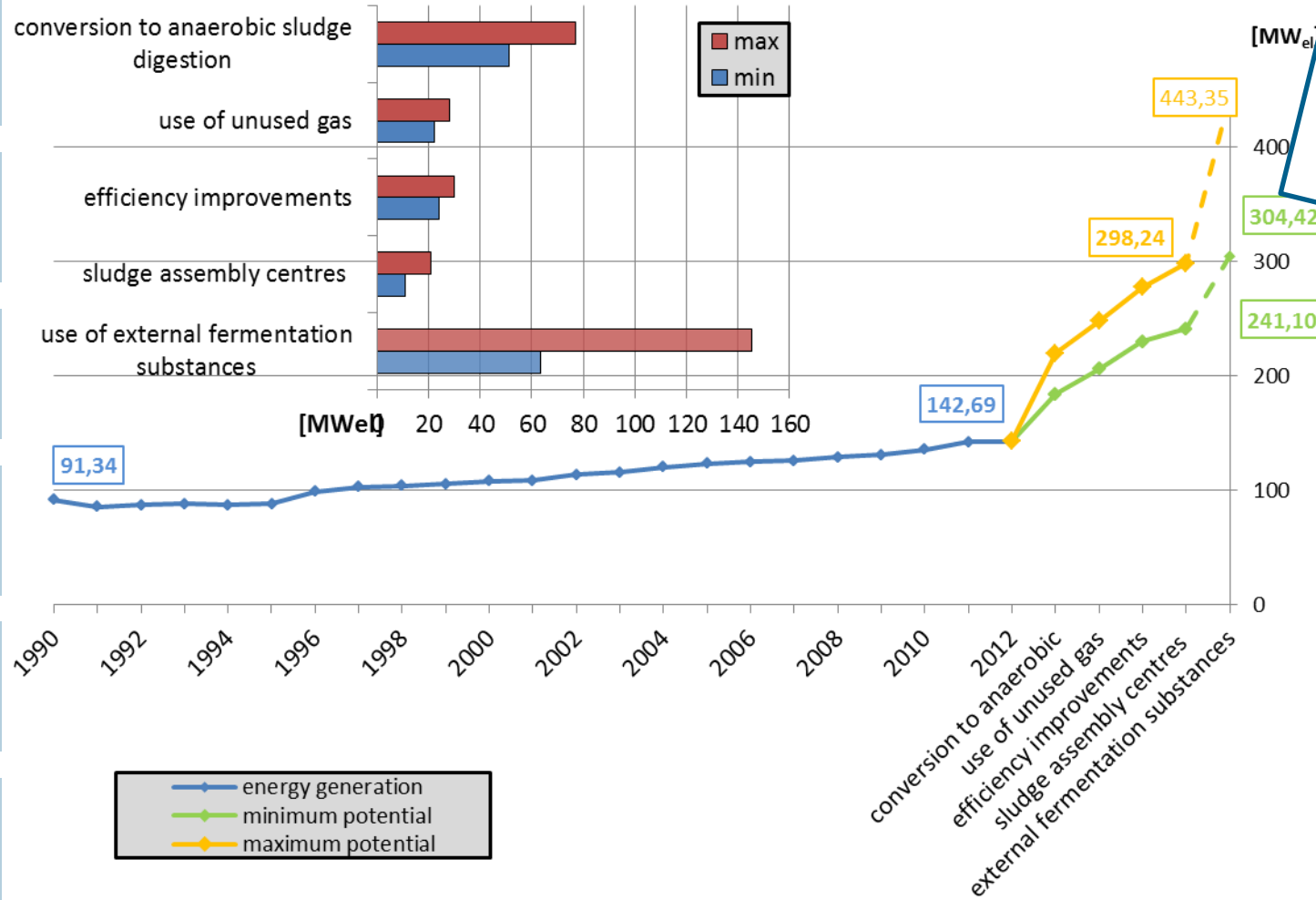


- Hintergrund und Grundlagen
- Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte**
- Potenziale und Regelkonzept
- Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb
- Märkte für Flexibilität
- Zusammenfassung und Ausblick



Innovative Technologien

- Hintergrund und Grundlagen
- Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte
- Potenziale und Regelkonzept**
- Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb
- Märkte für Flexibilität
- Zusammenfassung und Ausblick



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

Hintergrund und
Grundlagen

Flexibilitätsoptionen
und Anlagenkonzepte

**Potenziale und
Regelkonzept**

Auswirkungen auf
den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung
und Ausblick

optimierte Bestand (KWK)

- 300 MW_{el}
- ca. 15% der derzeit erforderlichen neg. Regelleistung

Integration Elektrolyse

- **Variante 1:** Wenn Elektrolyse läuft wird H₂ erzeugt um anfallendes CO₂ zu methanisieren
- **Varianten 2:** H₂ wird im „Überschuss“ erzeugt, um auch dann zu methanisieren, wenn keine Elektrolyse betrieben wird

- **CO₂-Verwertungsgrad beeinflusst Elektrolyseleistung: 5 ... 14 * P_{KWK}**

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

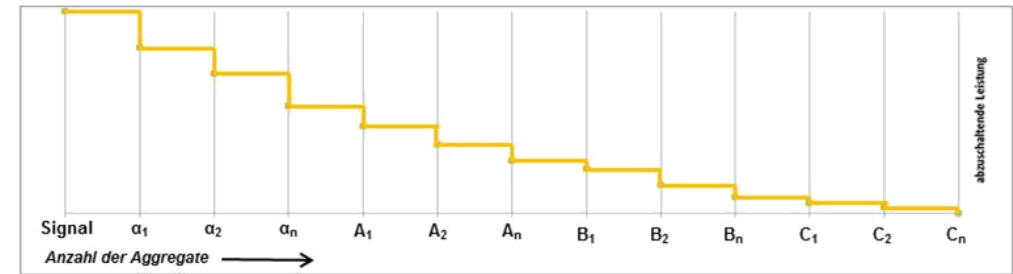
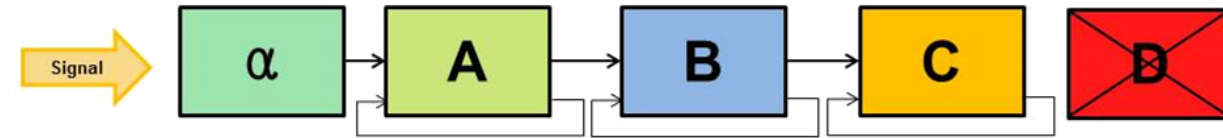
Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

Verbraucher und Erzeuger:

- Bewertung und Klassifizierung in Abhängigkeit der Flexibilität
- Kaskadierte Prüfung bei Flexibilitätsbedarf im Netz
- Entwicklung individueller Regeln je Aggregategruppe
- Mathematische Simulation und prakt. Erprobung



Aggregatklasse	Leistung	An-/Abschaltbarkeit	Beispiel
Typ α	groß	jederzeit	BHKW, Elektrolyse
Typ A	mittel - groß	problemlos	Schlammbehandlung (Zentrifuge)
Typ B	gering - mittel	bedingt	Gebläse
Typ C	gering	selten	Rührwerk
Typ D	nicht nutzbar		

→ Ermittlung der Flexibilitätspotenziale von Kläranlagen und Abgleich mit Bedarfen des Netzes

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

Auswirkungen auf die Prozesse der **Abwasserreinigung** und der **Schlammbehandlung** müssen bewertet werden!

Ausschaltzeiten Aggregate	Tiefe Belastung (Nacht)					Hohe Belastung (Tag)				
	15 min	30 min	1h	2h	>2h	15 min	30 min	1h	2h	>2h
Hebewerk	Orange	Orange	Light Orange			Orange	Light Orange			
Sandfang Gebläse	Dark Blue	Dark Blue				Dark Blue				
Biologie Gebläse	Blue	Blue	Blue	Light Blue		Blue	Light Blue			
Biologie Rührwerk	Blue	Blue				Blue				
Biologie RLS Pumpen	Blue	Blue	Blue	Blue		Blue	Blue	Blue		
Faulung Rührwerk	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	
Faulung Umwälzpumpen	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	
Schlammeind. / Entwässerung									Dark Red	Dark Red

(nach Müller et al. 2013)



arrivee-Pilotanlage Radevormwald:
theoretisches Regelpotential = **122 kW**

...bei abschalten der Belüftung (Messung)

Hintergrund und Grundlagen

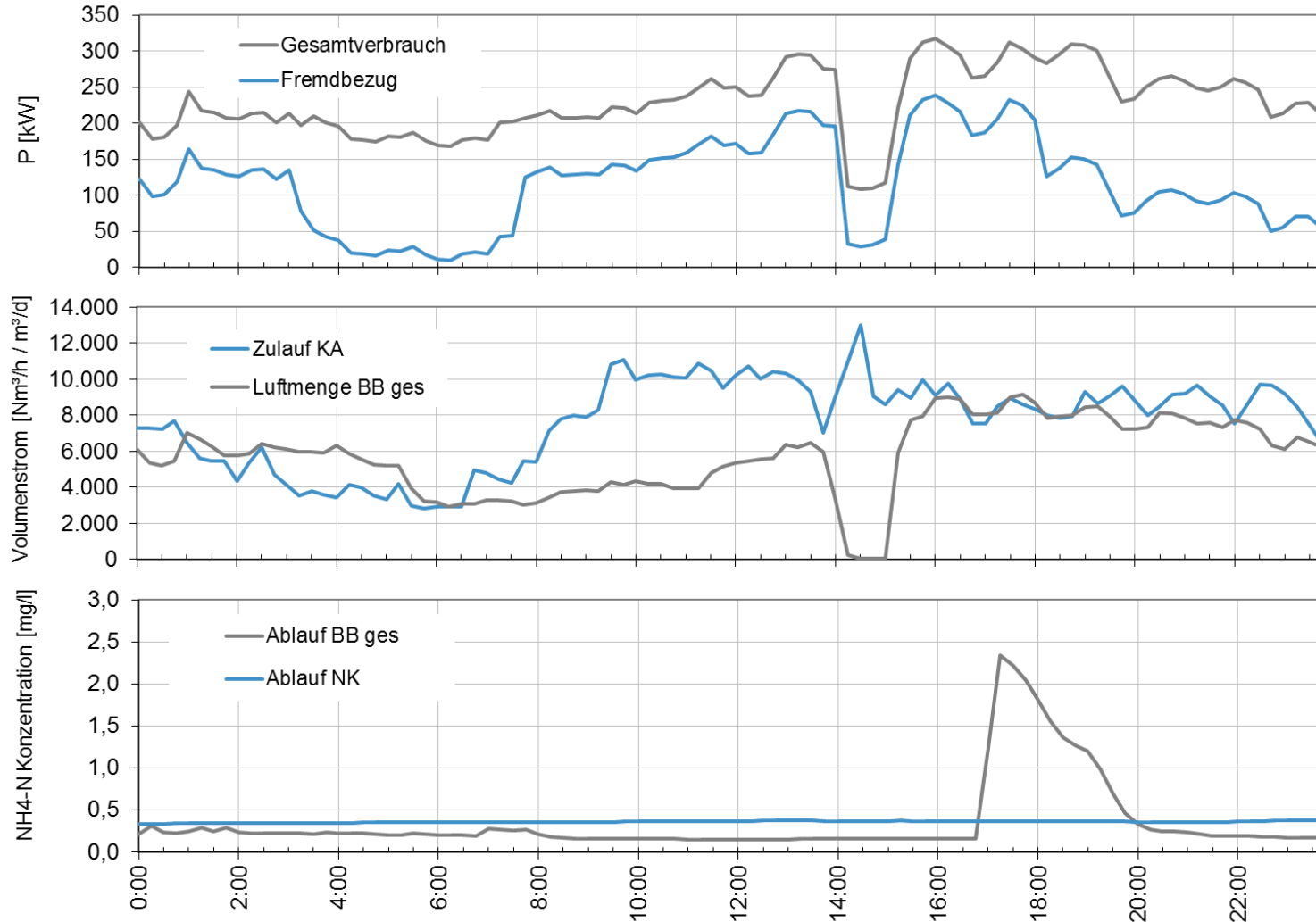
Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

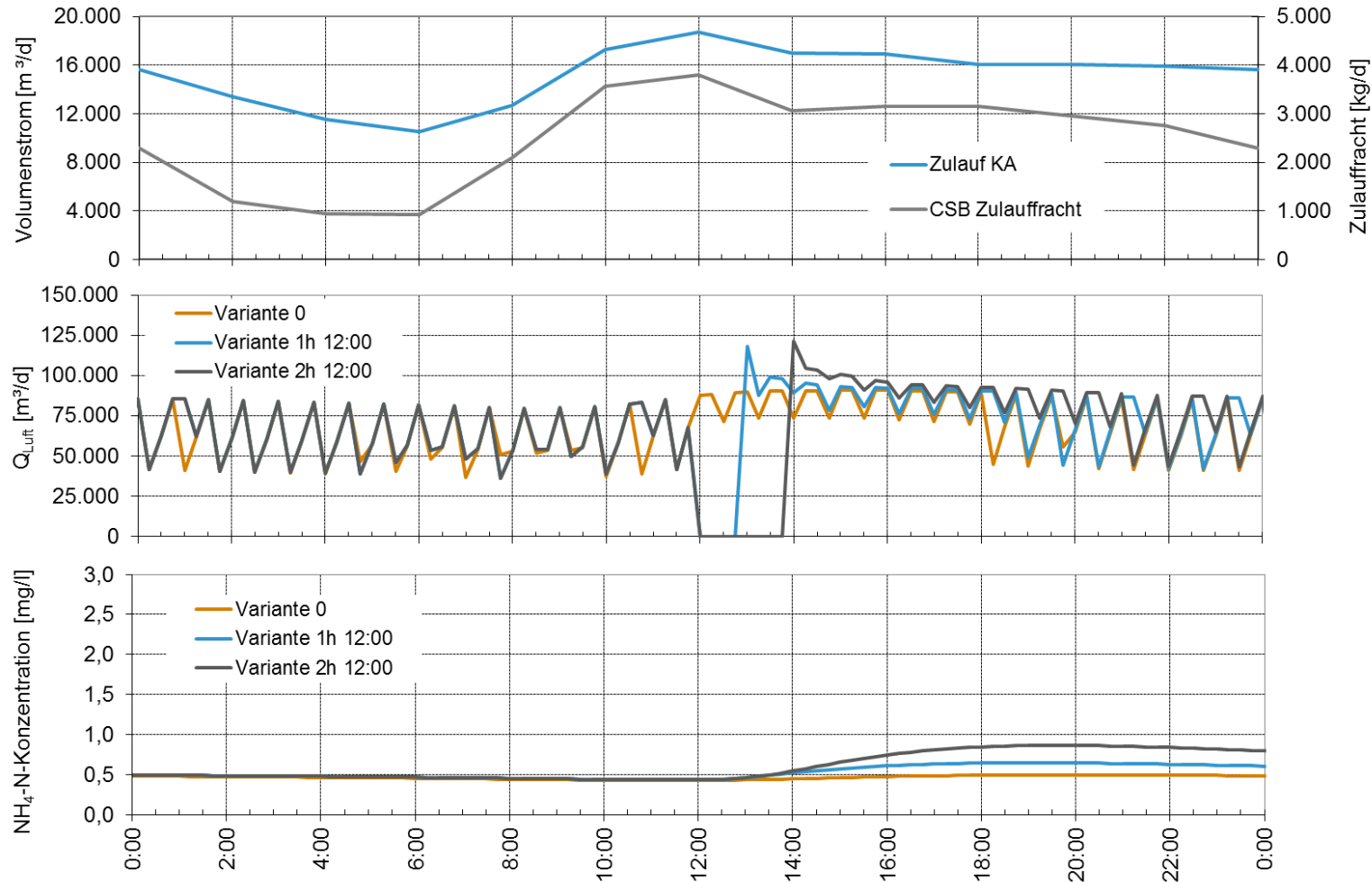
Zusammenfassung und Ausblick



Messung TW:
keine Auswirkung
auf den Betrieb

...bei abschalten der Belüftung (Simulation)

- Hintergrund und Grundlagen
- Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte
- Potenziale und Regelkonzept
- Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb**
- Märkte für Flexibilität
- Zusammenfassung und Ausblick



Messung TW:
keine Auswirkung
auf den Betrieb

**Simulation TW
und RW:**
Abschaltung bis 2h
möglich mit
geringfügige
Auswirkung auf
Ablaufkonz.

Hintergrund und Grundlagen

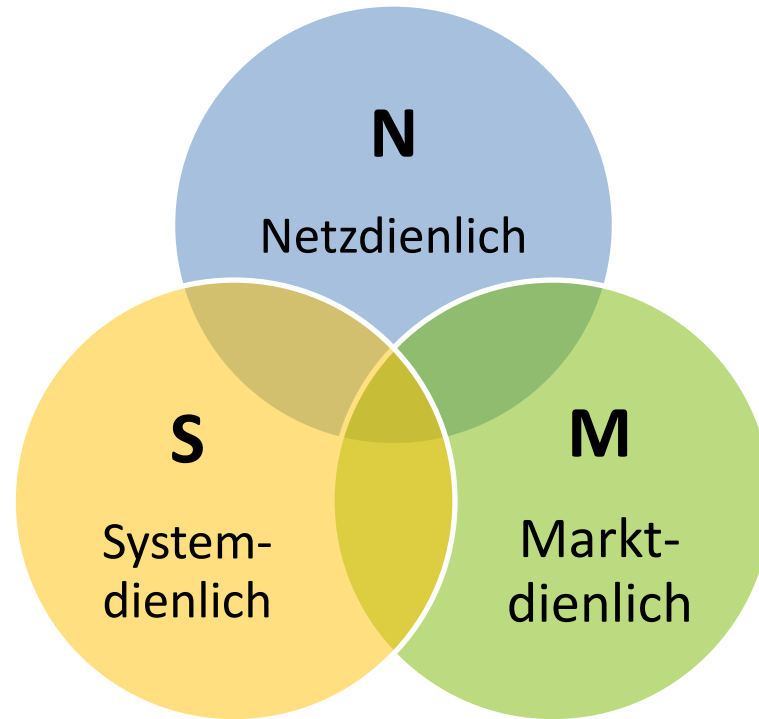
Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick



Systemdienlicher Einsatz

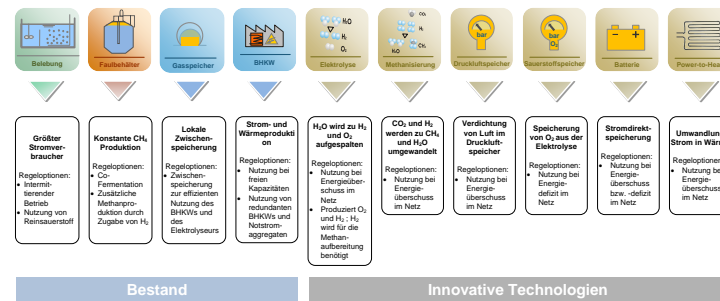
Einsatzort: Übertragungsnetz
Funktion: Frequenzhaltung (50 Hertz)
Produkt: Regelleistung
Markt: aktiv

Marktdienlicher Einsatz

Einsatzort: Spotmarkt der Strombörse
Funktion: Verwertung EE-Überschüsse
Produkt: Day-Ahead, Intraday
Markt: aktiv

Netzdienlicher Einsatz

Einsatzort: Verteilnetz
Funktion: Spannungshaltung, Betriebsmitteleffizienz
Produkt: noch nicht definiert
Markt: noch nicht aktiv



Bestand Innovative Technologien

Anlagenkonzepte werden hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung unterschiedlicher Marktoptionen untersucht

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

- Faulungsanlagen mit **KWK** können schon heute mit KWK-Leistung am **Regelenergiemarkt** teilnehmen
- deutliches **Potenzial** von Faulungsanlagen zur Bereitstellung von **Netzsystemdienstleistungen** durch Anpassung der vorhandenen Infrastrukturen
- Potenzial für eine mehrfache Steigerung der verfügbaren KWK-Leistung vorhanden
- Potenziale für **innovative Technologien** (z. B. Elektrolyse, Methanisierung) werden noch näher quantifiziert und Vermarktungsmodelle geprüft und entwickelt

Hintergrund und Grundlagen

Flexibilitätsoptionen und Anlagenkonzepte

Potenziale und Regelkonzept

Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb

Märkte für Flexibilität

Zusammenfassung und Ausblick

- Entwicklung eines **gestuften Regelkonzepts** zur Aktivierung des Regel- und Speicherpotentials der Kläranlage
- Beurteilung der **Auswirkungen des Flexibilitätseinsatzes** auf den Betrieb und die Energiebilanz der Kläranlage sowie die Auswirkungen auf das vorgelagerte Verteilnetz mit Hilfe von Simulationsmodellen
- **detaillierte Auslegung und Bewertung von innovativen Anlagenkonzeptionen**
- **Bewertung unterschiedlicher politischer und energierechtlicher Randbedingungen für die Umsetzung des Konzeptansatzes**
- **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und eine Kosten-Nutzen-Analyse auf Basis der Regel- und Systemdienstleistungspotenziale**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.erwas-arrivee.de
siwawi.bauing.uni-kl.de

Oliver Gretzschel, Michael Schäfer, Theo G. Schmitt, FG Siwawi TUKaiserslautern

Inka Hobus, WiW mbH, Wuppertal