

Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung

Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt

Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft

Technische Universität Kaiserslautern

... unterstützt von Projektpartnern / -Mitarbeitern

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung





- Entwicklung einer Systemlösung zur **Integration von Kläranlagen** mit anaerober Schlammstabilisierung **in ein optimiertes Regelenergie- und Speicherkonzept**
 - Lösungsansätze zur **Bereitstellung von System- und Netzdienstleistungen** für Verteil- und Übertragungsnetze zum Ausgleich fluktuierender erneuerbarer Energie
- ... an der Schnittstelle Energie- und Wasserwirtschaft**



■ Managementstrategie mit Handlungsempfehlungen

- Quantifizierung Regelenergiepotential auf Kläranlagen
- Erarbeitung von Regelenergiekonzepten & Entwicklung von Anlagenkonzepten zur technischen Umsetzung

■ Strategien für anpassungsfähige Flexibilitätskonzepte

- Weiterentwicklung, Test und Verifizierung vorhandener Software für die Netzkopplung am Beispiel einer real betriebenen Kläranlage

■ Normatives Szenario

- Integration verfahrenstechnischer, energetischer und ökonomischer Ergebnisse und energierechtlicher Randbedingungen

➔ **Verknüpfung Abwasserwirtschaft und Energieversorgung**



- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**



- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**

Trotz erfolgtem Ausbau weiterhin
großes Potenzial vorhanden:

- Steigerung der **Stromproduktion** auf 2,11 TWh_{el} bis 2,61 TWh_{el} im optimierten Bestand möglich
- Dies entspricht einer theoretischen **Leistung** von 240 - 300 MW_{el}



**ca. 15% des aktuellen
Marktvolumens an
negativer Minutenreserve**

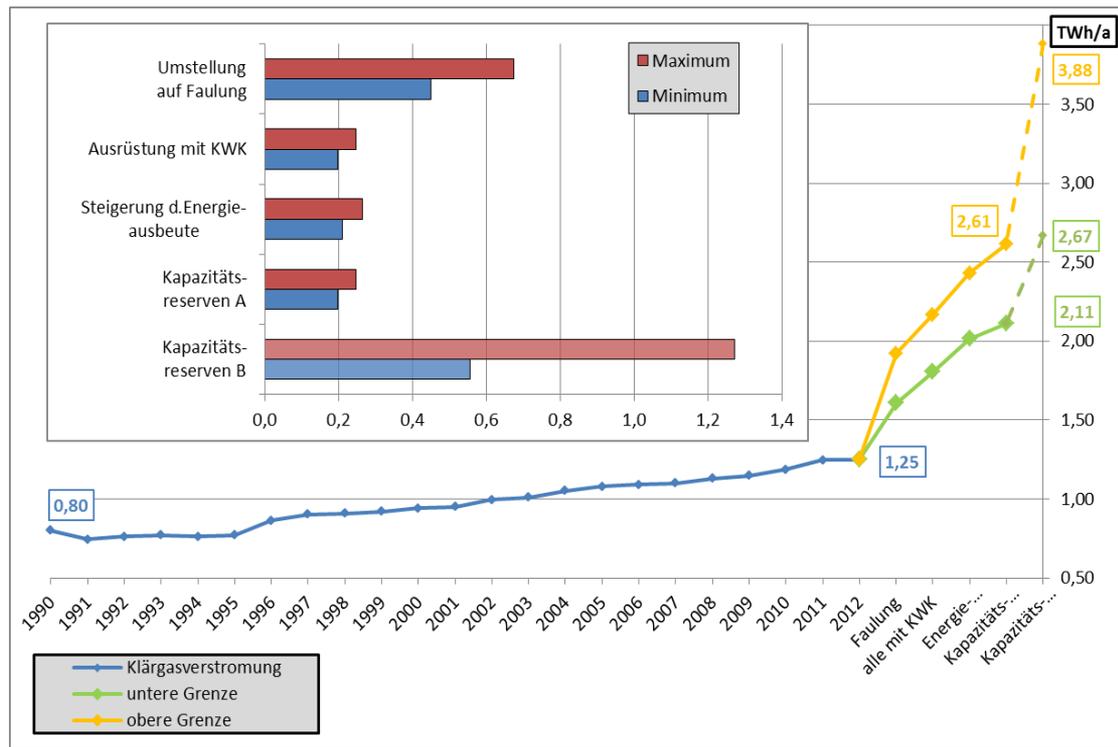


Abbildung: Potenzial der KWK-Anlagen auf KA mit anaerober Schlammstabilisierung



- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**

Abschaltversuche und Simulation der Belüftungsaggregate sowie der Rücklaufschlammumpfen:

- zu unterschiedlichen Belastungszeitpunkten (6:00, 11:00, 14:00 Uhr) und ...
- ... Abschalt Dauern (15, 30 und 60 min)



keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Ablaufkonzentration!

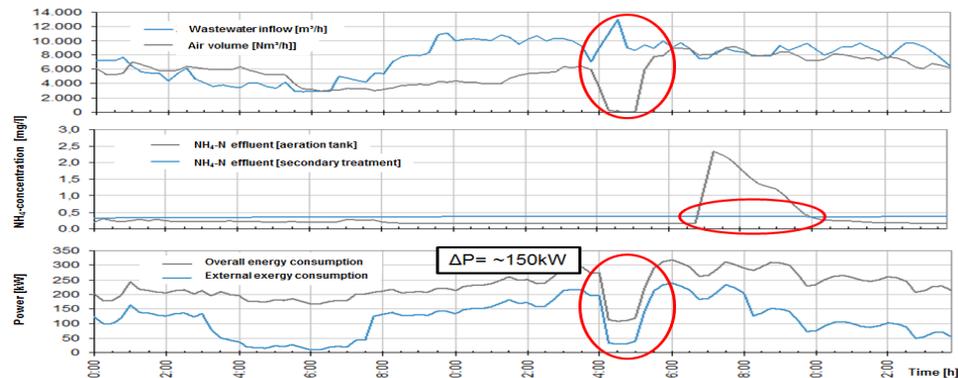


Abbildung: Einfluss des Lastabwurfs auf die Reinigungsleistung der Anlage (Messung)

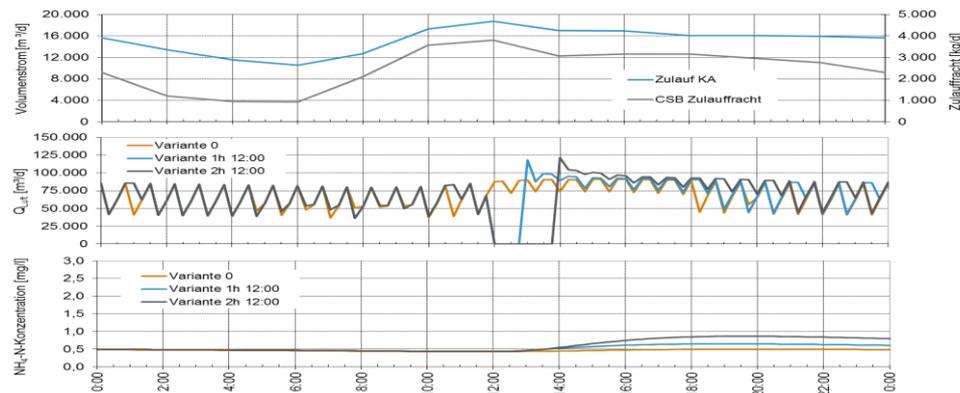
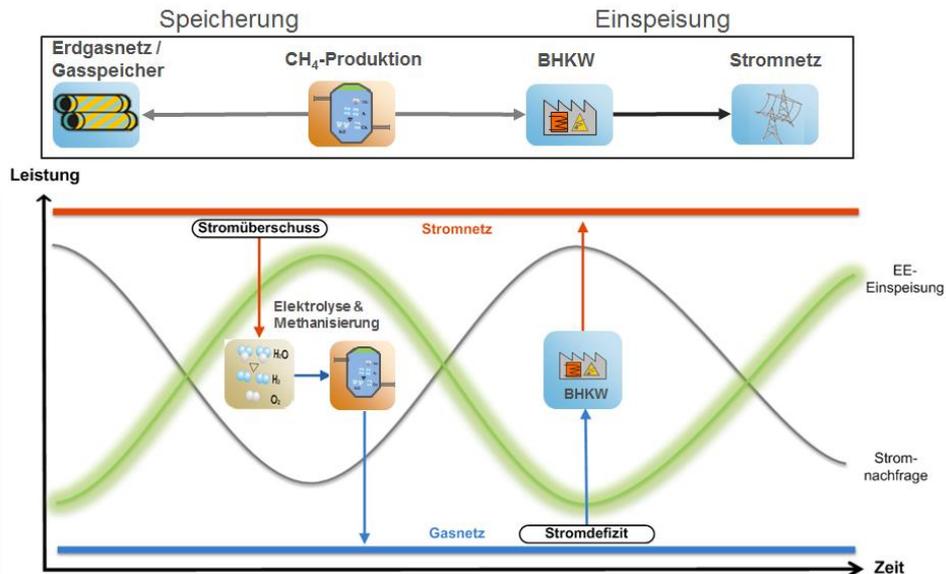
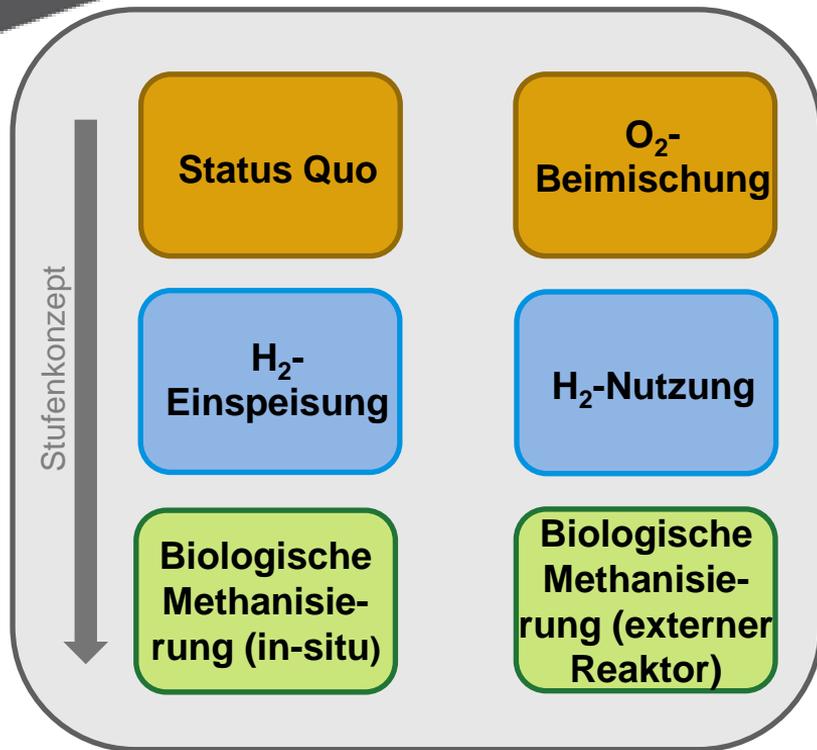


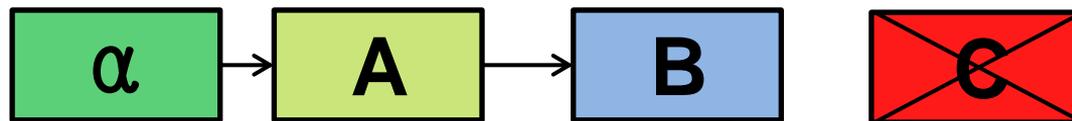
Abbildung: Einfluss des Lastabwurfs auf die Reinigungsleistung der Anlage (Simulation)



Erhöhung der Flexibilität
durch Elektrolyseur



Implementierung von Power-to-Gas-
to-Power



■ Bewertung und Klassifizierung

- relevante Leistung
- Einschätzung der Abschaltbarkeit
(*Betriebspersonal, Abschaltversuche, Simulation*)
- Gleichzeitigkeitsfaktor
- Verfügbarkeit - Flexibilität

Aggregatklasse	Leistung	An-/Abschaltbarkeit	Beispiel
Typ α	groß	jederzeit	BHKW, Elektrolyse
Typ A	mittel - groß	problemlos	Zentrifugen, Gebläse
Typ B	gering - mittel	bedingt	Rührwerke, Pumpen
Typ C	nicht nutzbar		

Abbildung: Mögliches Vorgehen zur Ermittlung von Anlagenflexibilität

■ Entwicklung individueller Regeln je Aggregatgruppe

■ Mathematische Simulation und praktische Erprobung

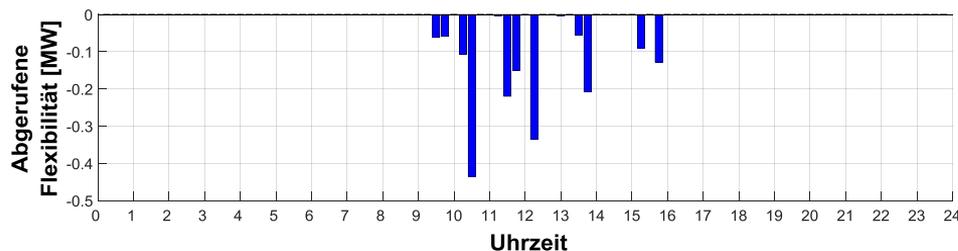
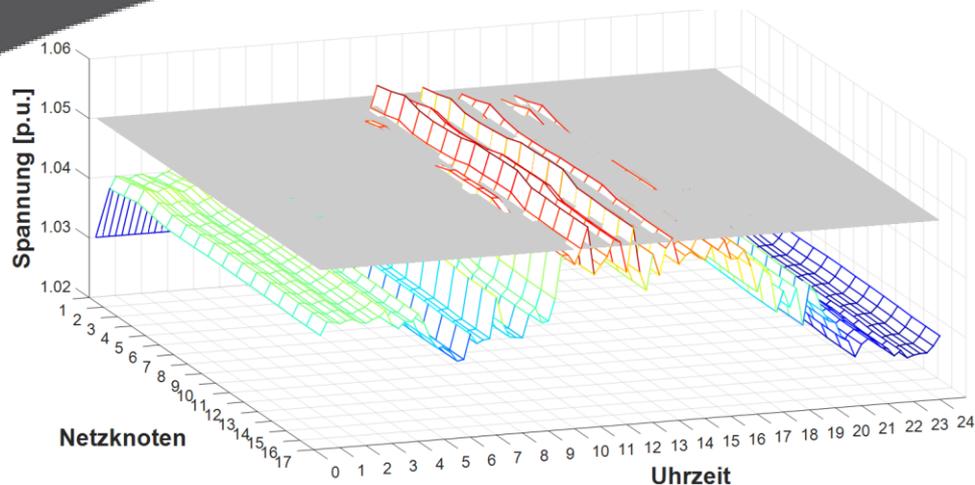


Lösungsansätze zur Bereitstellung
und Nutzung von Flexibilität
müssen erarbeitet werden



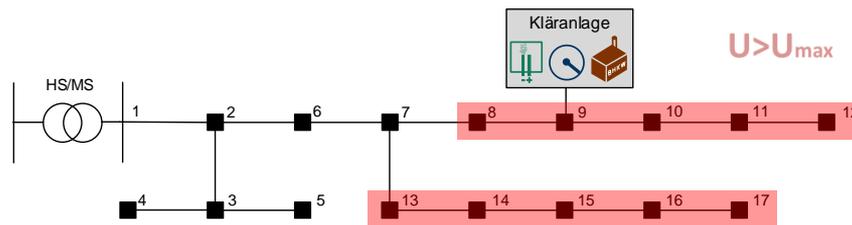
- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**

Tagesbeispiel:



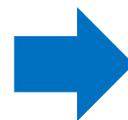
Lokal-netzdienlicher Flexibilitätsbedarf

- Grenzwertverletzungen im vorgelagerten Netz (Spannung / thermische Belastung)
- Behebung durch Leistungsanpassung auf der Kläranlage
- netzdienlicher Flexibilitätsbedarf mittels Zeitreihenberechnung
- Orts- und Zeitabhängigkeit
- begrenzter Wirkungsbereich (lokal)



Erkenntnisse aus Pilotstudie Radevormwald 2035

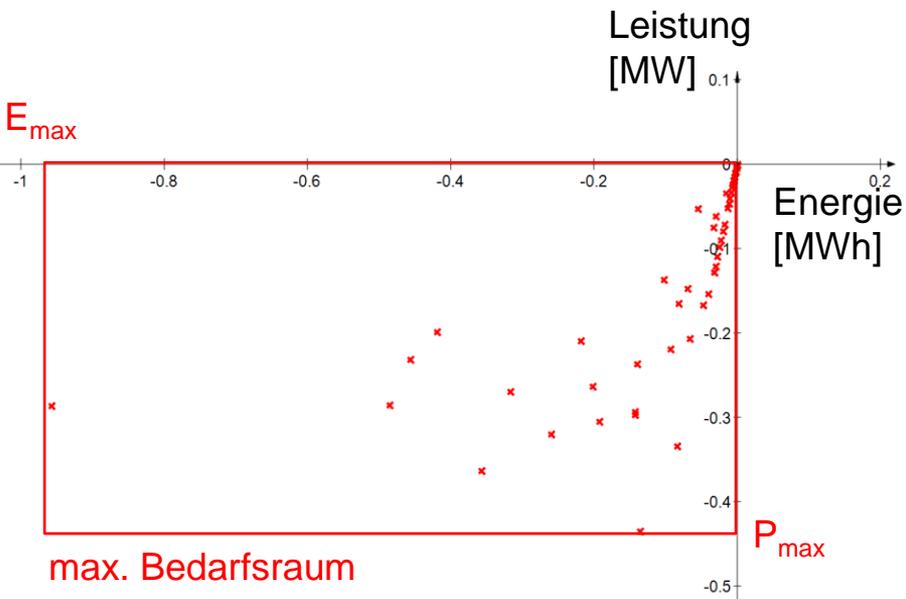
- Kumulierte Abrufdauer: **~42h/Jahr**
- Überwiegend kurze Einzelabrufe: **15-30 min**
- Max. Amplitude: **440kW Leistungsaufnahme**
- Keine Leistungsabgabe erforderlich
- Speicherkapazität von **400-600 kWh** für den Großteil der Abrufe ausreichend



Größenordnung Netzprobleme
im Potentialbereich Kläranlage!

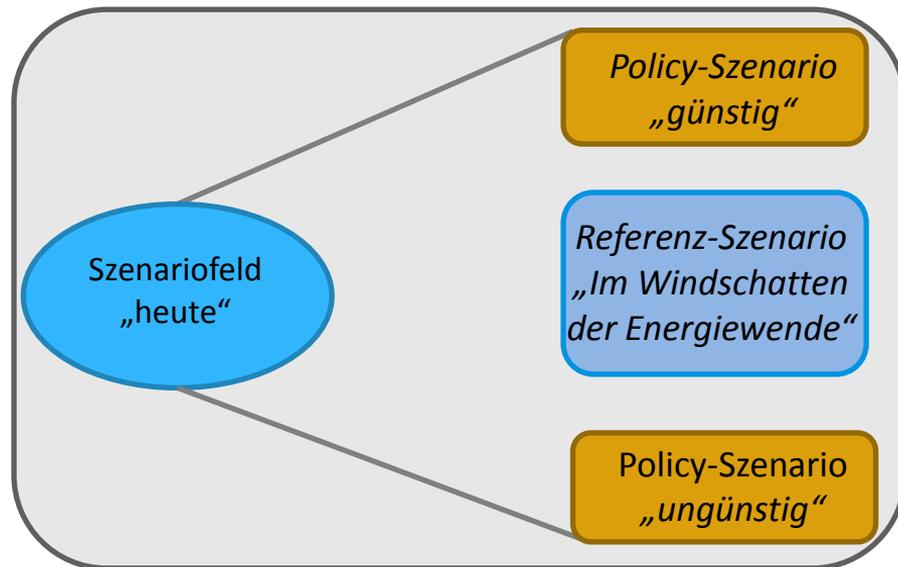


Auch Teilbeiträge zur
Problemlösung sinnvoll!





- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**



■ Szenario-Trichter

- Darstellung alternativer zukünftiger Situationen inkl. Entwicklungspfade

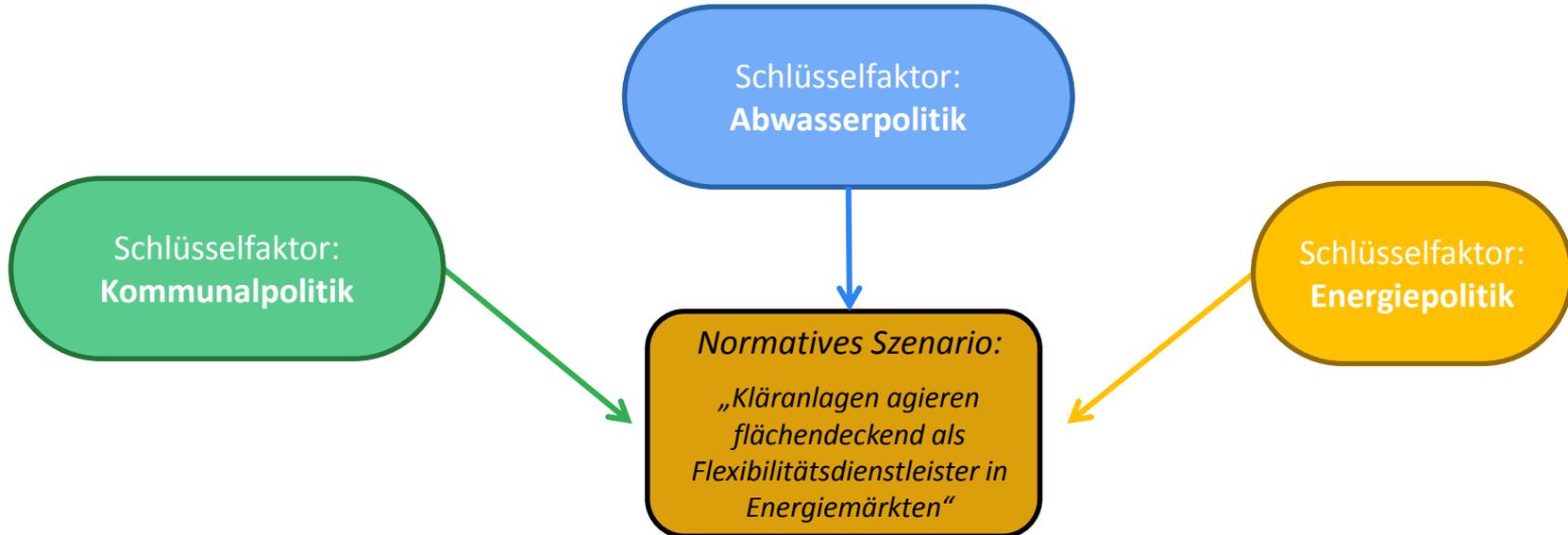
= „Raum möglicher Entwicklungen“, nicht primär Prognose der Wahrscheinlichkeit

■ Szenario-Ausprägungen

- gehemmt
- gefördert
- wirtschaftlich

Szenario-Technik „Backcasting“

= Ermittlung optimaler politisch-rechtlicher Rahmenbedingungen für ein flächendeckendes Agieren von Kläranlagenbetreibern als Flexibilitätsdienstleister in zukünftigen Energiemärkten





- **Implementierung innovativer Anlagenkonzepte**
- **Power-to-Gas und Gasnetz-Einspeisemöglichkeiten**
- **Weiterentwicklung Simulationsmodell und Regelungskonzept für die Pilotanlage**
- **Einbindung in ein virtuelles Kraftwerk und Teilnahme am Regelenergiemarkt (Pilotanlage, Übertragbarkeit)**
- **Berechnung und statistische Auswertung weiterer Konstellationen für lokales Verteilnetz**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

