

# 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



**NaWaM**  
Nachhaltiges Wassermanagement



**ERWAS**



- 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<sub>el</sub> bis 2,61 TWh<sub>el</sub> im optimierten Bestand möglich
- Dies entspricht einer theoretischen **Leistung** von 240 - 300 MW<sub>el</sub>



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

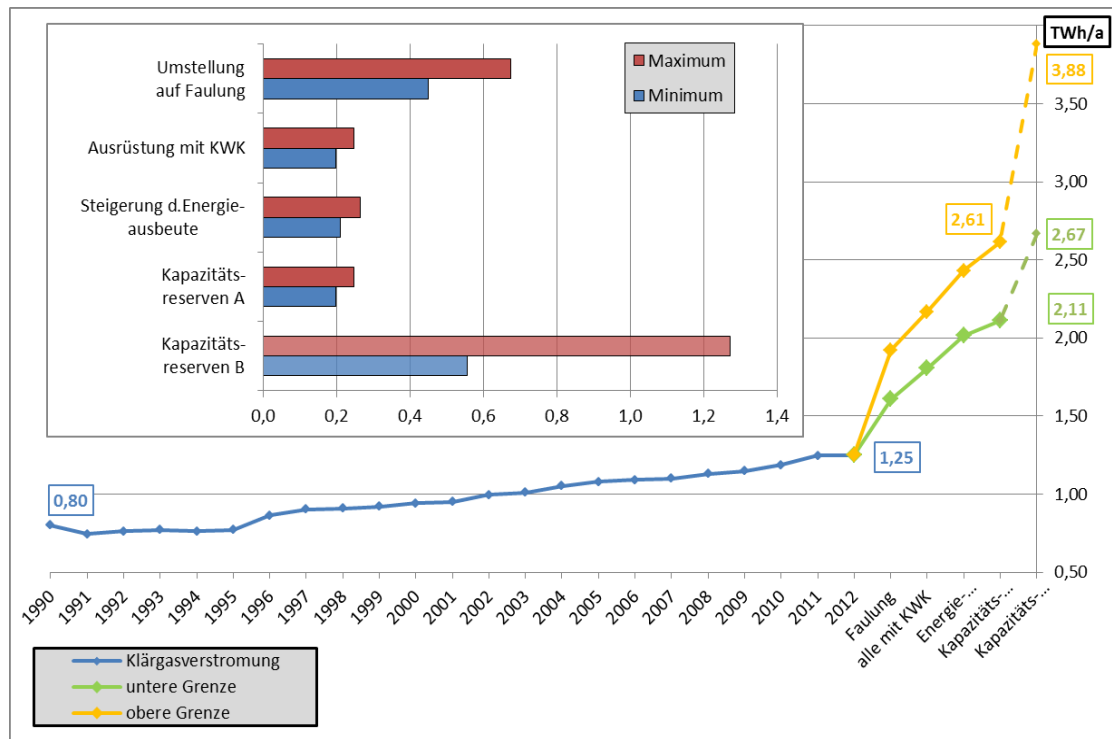


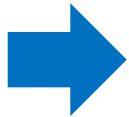
Abbildung: Potenzial der KWK-Anlagen auf KA mit anaerober Schlammstabilisierung



- **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!**

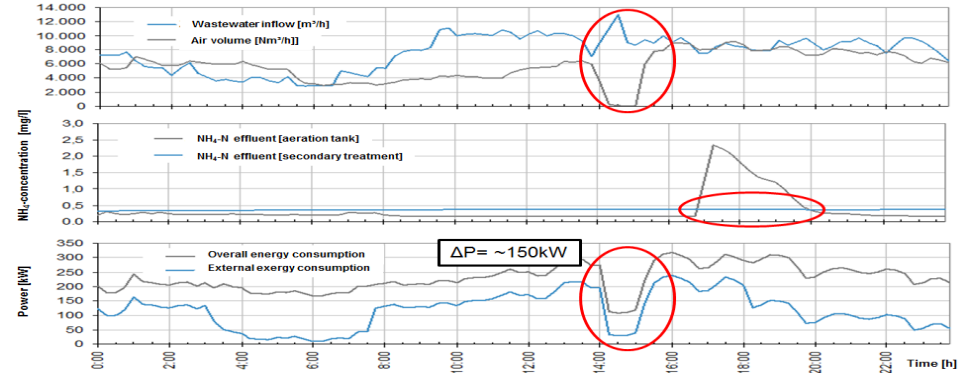


Abbildung: Einfluss des Lastabwurfs auf die Reinigungsleistung der Anlage (Messung)

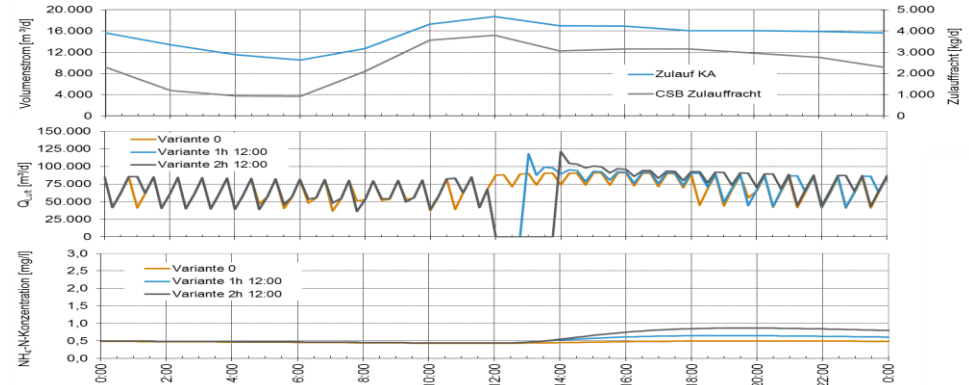
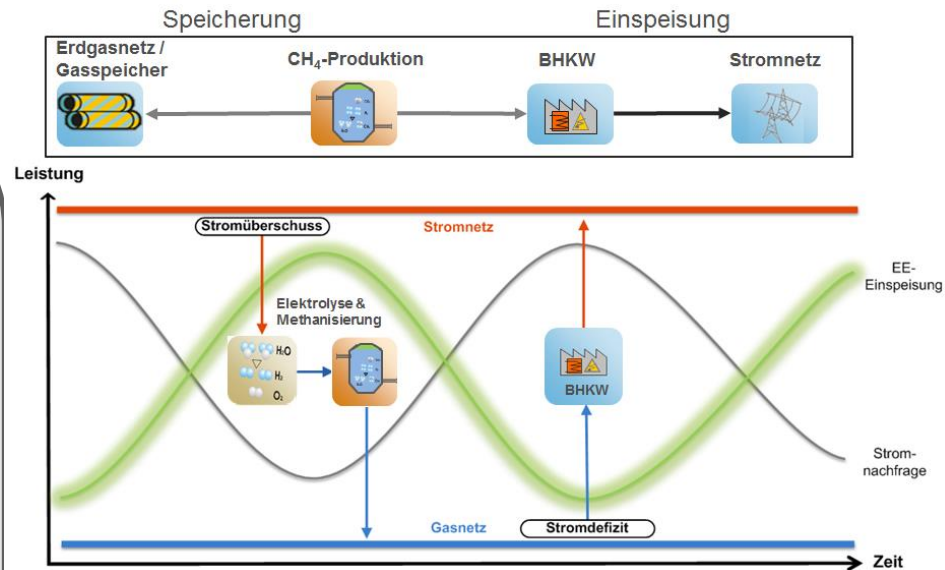
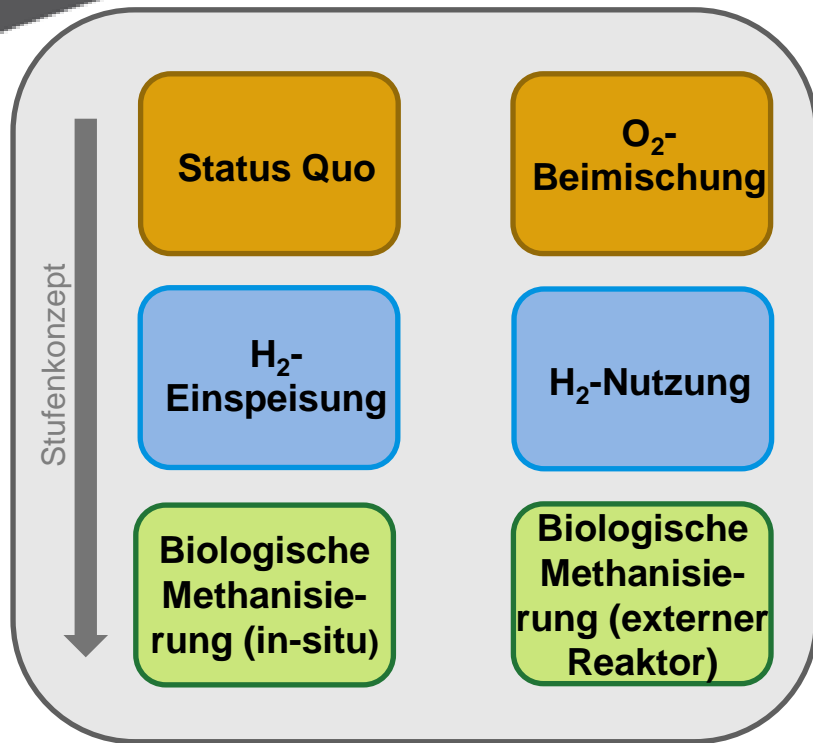
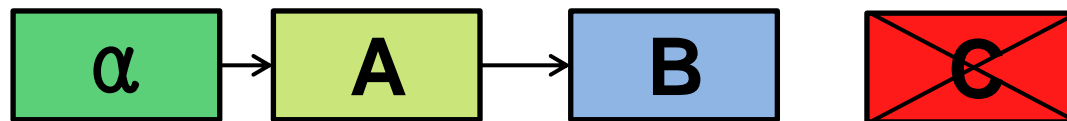


Abbildung: Einfluss des Lastabwurfs auf die Reinigungsleistung der Anlage (Simulation)





- ➔ 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

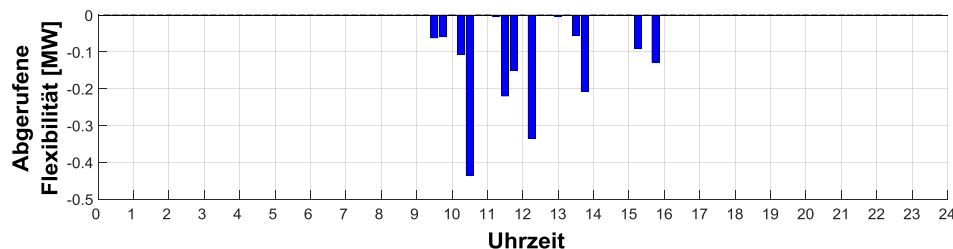
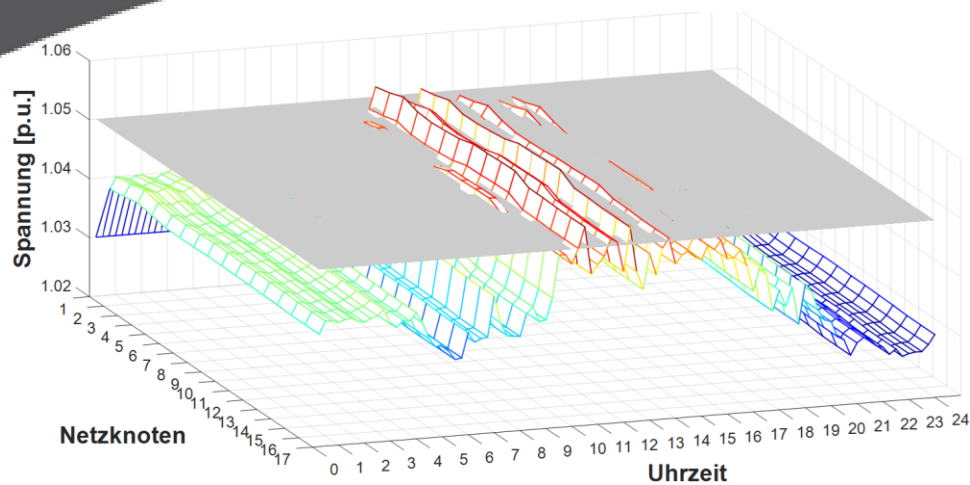


Lösungsansätze zur Bereitstellung  
und Nutzung von Flexibilität  
müssen erarbeitet werden



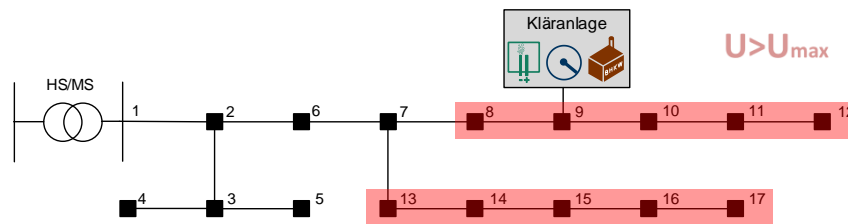
- **Grundlagenermittlung & Potenzialanalyse**
- **Konzeption & Auslegung**
- **Zusammenspiel Netz und Kläranlage**
- **Verknüpfung politische & rechtliche Bedingungen**

## Tagesbeispiel:

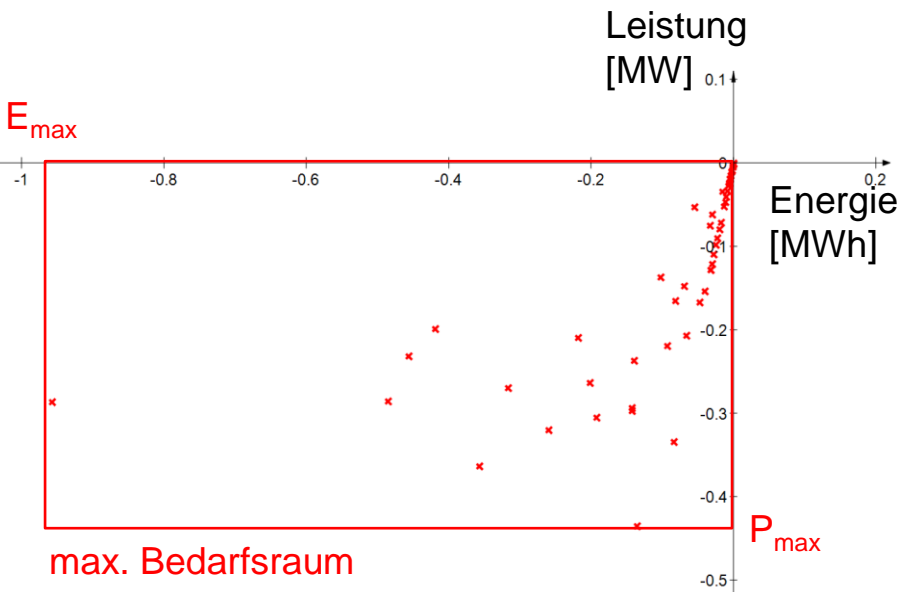


## Lokal-netzdienlicher Flexibilitätsbedarf

- 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



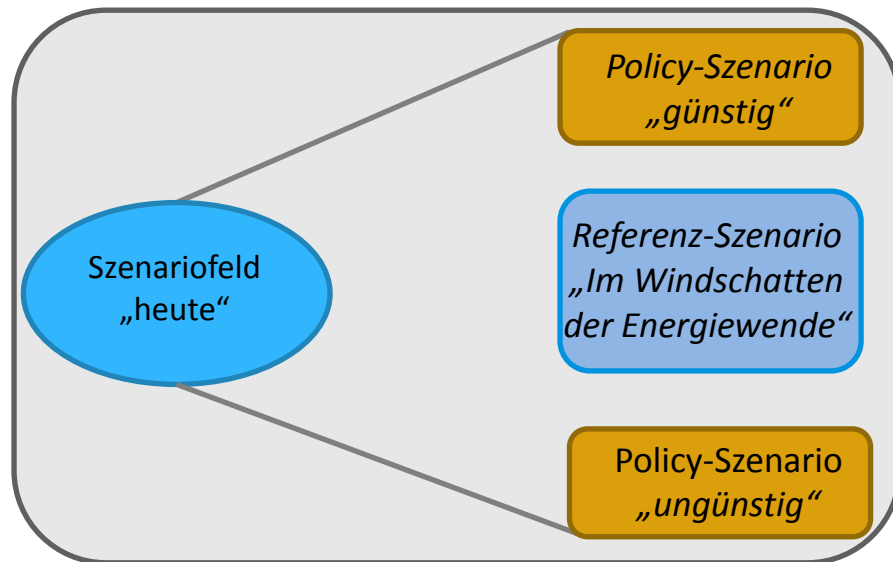
Größenordnung Netzprobleme  
im Potentialbereich Kläranlage!



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

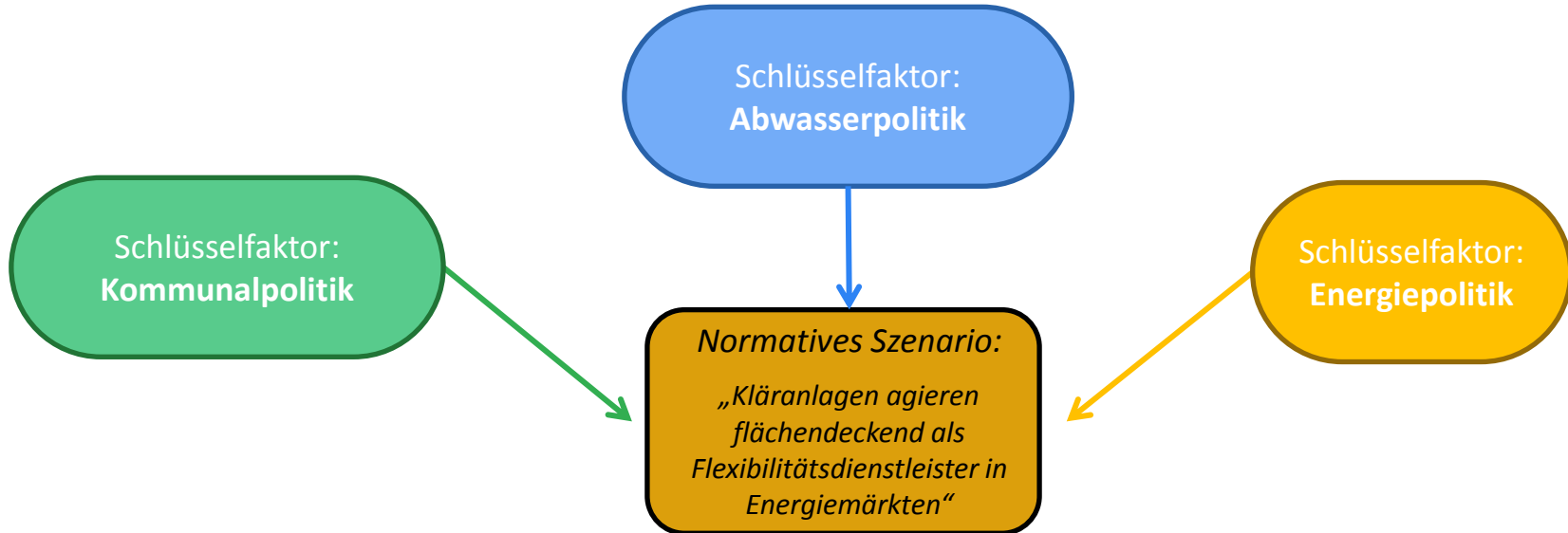
= „Raum möglicher Entwicklungen“, nicht primär Prognose der Wahrscheinlichkeit

### ■ 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!

