

# Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung

***Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt***

*Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern*

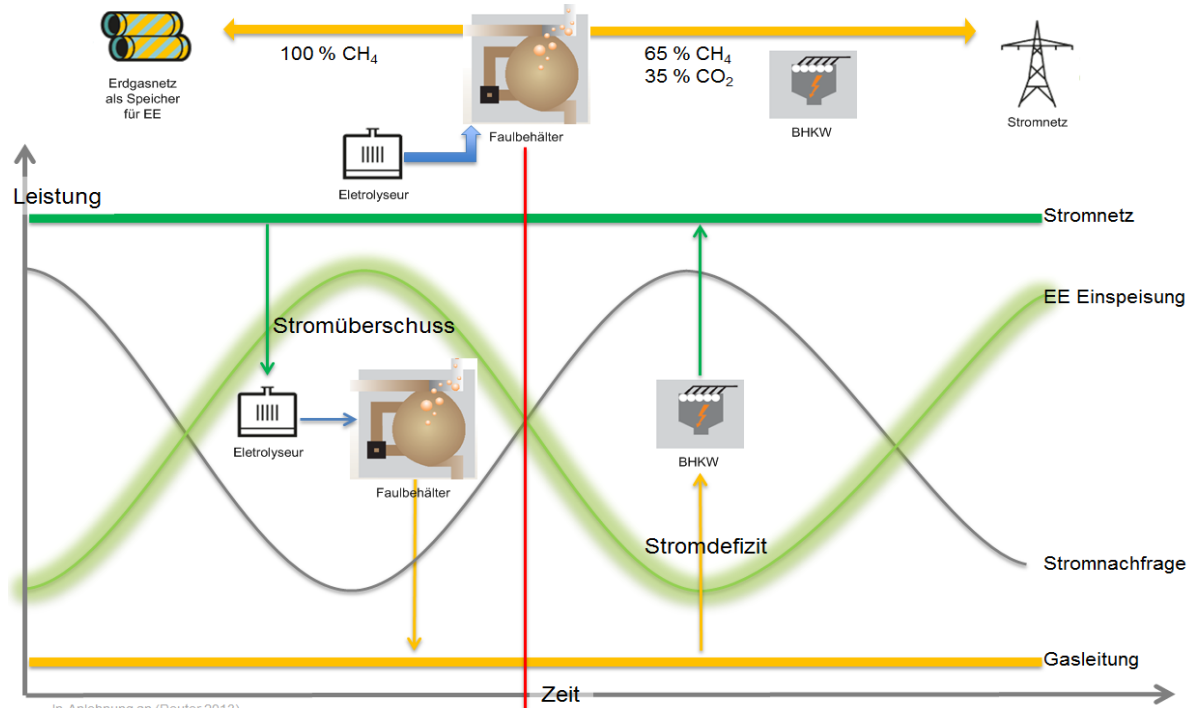
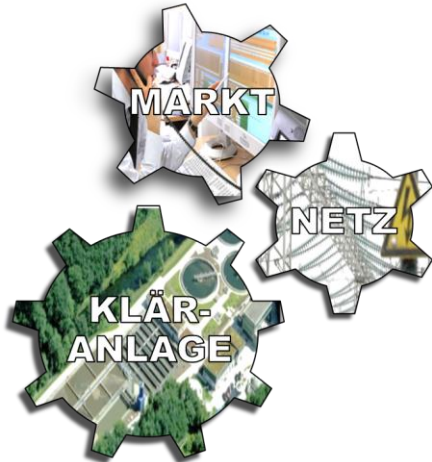
***... unterstützt von Projektpartnern / -Mitarbeitern***



- **arrivee – Ziele und Projektidee**
- **Flexibilität – Potenziale, Bausteine, Management**
- **Anlagenkonzepte**
- **Schnittstelle Kläranlage – Stromnetze**
- **Kernbotschaften**  
**„Kläranlagen als Flexibilitätsdienstleister“**



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



## ... Kläranlagen als Flexibilitätsdienstleister!

## Position der Abwasserreinigung am Energiemarkt:

- Steigerung der **Stromproduktion** auf 2,11 TWh<sub>el</sub> bis 2,61 TWh<sub>el</sub> im optimierten Bestand möglich
- Bereitstellung von Flexibilität** durch KWK-Anlagen, NEA und Verbrauchsaggregate
- Aktuelle Flexibilitätsleistung** der Kläranlagen bundesweit: (+) 651 MW<sub>el</sub> und (-) 123 MW<sub>el</sub>

**großes Potenzial vorhanden!**

Tabelle: Flexibilitätspotenziale der bundesweiten Kläranlagen

	Leistung P		Zuschaltbare Energiemenge	Abschaltbare Energiemenge
	[MW]		[MWh/d]	[MWh/d]
NEA	98,0	-	48,3	-
KWK-Anlagen	214,98		1.685,59	2.146,35
KA-Aggregate	337,8	122,90	∑ 34,01 – 323,25	∑ 184,25 – 244,91
∑	<b>650,78</b>	<b>435,88</b>	<b>1.767,90 – 1.904,14</b>	<b>2.330,60 – 2.391,26</b>

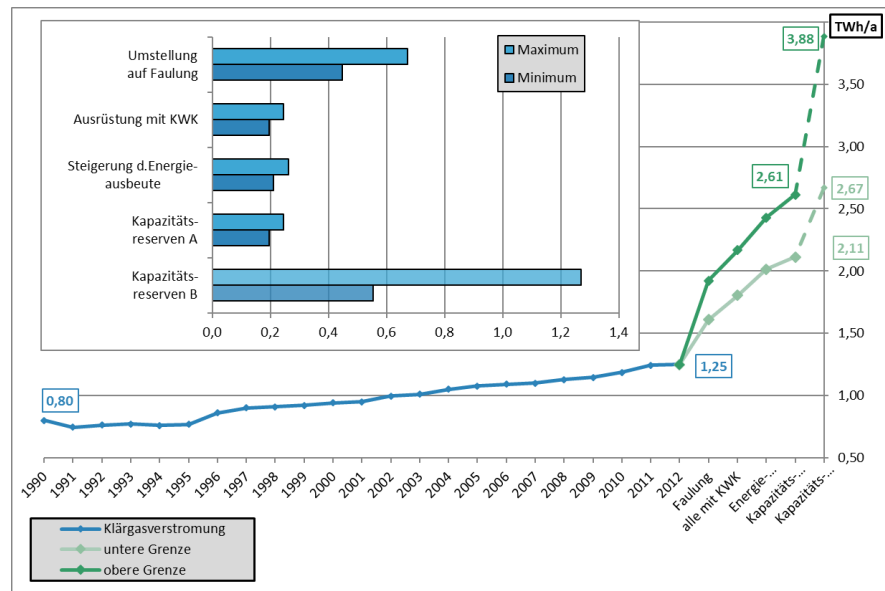
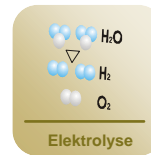


Abbildung: Potenzial der Stromproduktion auf KA mit anaerober Schlammstabilisierung



## Strom- und Wärmeproduktion

Produktion von Strom auf den Anlagen.



## Wasserelektrolyse

Nutzung bei Energieüberschuss im Netz zur Produktion von  $O_2$  und  $H_2$ .



## Aggregatennutzung

Flexible Nutzung der Aggregate im Reinigungsprozess und der Schlammbehandlung



## Verwendung des anfallenden $O_2$

Nutzung in der biol. Stufe und/oder in der Spurenstoffelemination ( $O_3$ ).



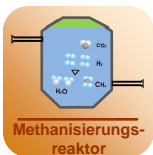
## Gaszwischenspeicherung

Speicherung zur flexiblen Nutzung, z.B. des BHKWs oder als Langzeitspeicher.



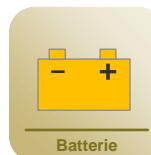
## Druckluftherzeugung

Erzeugung bei Stromüberschuss und Nutzung bei Defizit.



## Methanproduktion

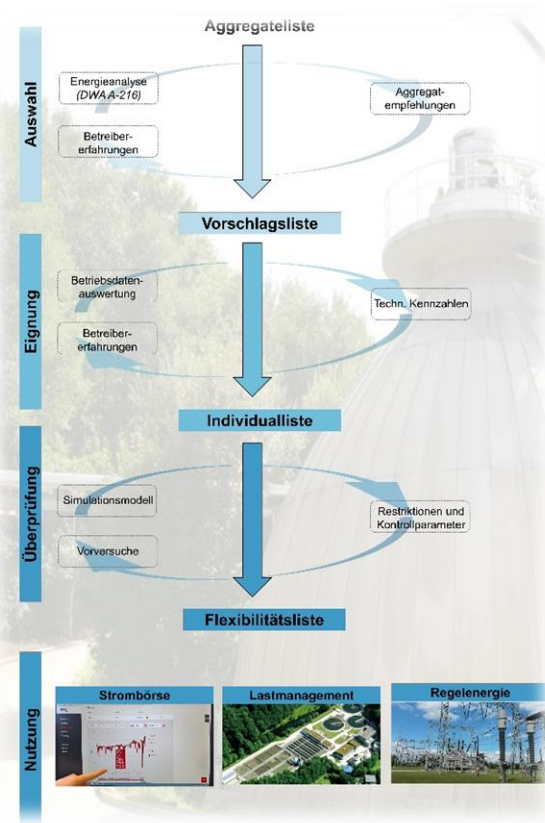
Produktion von  $CH_4$  zur Verstromung bzw. Langzeitspeicherung.



## Batterien und Power-to-Heat


Umwandlung Strom in Wärme (PtH) und Stromdirektspeicherung mit Batterien.

- Entwickeltes **Vorgehen zur Identifizierung und Nutzung** von Kläranlagenaggregaten als **Flexibilitätsbausteine** anhand der Pilotanlage Radevormwald
- **Empfehlungen und Bewertungen** zu nutzbaren Aggregattypen
- **Technische Kennzahlen**: Zu-/ Abschaltzeiten, An-/Abfahrzeiten, Regenerationszeiten
- **Restriktionen und Kontrollparameter** zur Sicherstellung des Reinigungsbetriebes
- Möglichkeiten der **Nutzung und Vermarktung** von Flexibilität



### Empfehlungen zu:

- **Leistungspotenzial** je nach Größenklasse
- **Nutzungsart:** *Positive / negative Flexibilität*
- **Klärtechnische Kenngrößen:** *Min./max. Abschaltdauern, Regenerationszeiten*
- **Technischen Kenngrößen:** *z.B. An- Abfahrzeiten*
- **Regelkriterien:**  
*Restriktionen zur Einhaltung des Reinigungsbetriebs*
- **Einsatzbereich**



**Datenblätter**  
**arrivee**

Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein  
in intelligenten Verteilnetzen mit :erneuerbare /nergieerzeugung


Aggregat	Blockheizkraftwerk		
Baugruppe	Stromerzeugung		
Leistungspotenzial	Groß		[W/E]
	GK 1-3:	4,1	
	GK 4:	2,1	
	GK 5:	2,0	
Flexibilitätsrichtung	Positive & negative Flexibilität		
Integration in ein Lastmanagement	Gut Geeignet		
Min. Zuschaltdauer	60	[min]	
Max. Zuschaltdauer	1.440	[min]	
Min. Abschaltdauer	5	[min]	
Max. Abschaltdauer	1.440	[min]	
Regenerationszeit	5/30	[min]	
Anfahrzeit	180	[s]	
Abfahrzeit	300	[s]	
Regelkriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Füllstand Gasspeicher (min/max)</li> <li>• max. Schaltvorgänge</li> </ul>		
Vorgeschlagener Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internes Lastmanagement</li> <li>• Regelenergie</li> </ul>		

Abbildung: Beispieldatenblatt „BHKW“



**TSB** Virtuelles Kraftwerk  
Transferstelle Bingen



Auswirkungen auf  
das Verteilnetz

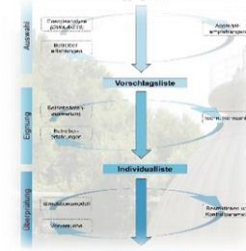
Netz | Kläranlage

Sozialwissenschaftliche und  
politisch-rechtliche  
Begleitung



BECKER BÜTTNER HELD

Vorgehen, Restriktionen &  
Steuerparameter

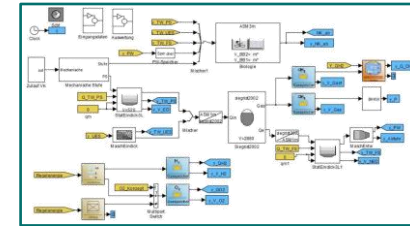


Abschaltversuche



WUPPERVERBAND  
für Wasser, Mensch und Umwelt

Auswirkungen auf die  
Anlage (Modellierung)



WiW

Wupperverbandsgesellschaft für  
integrale Wasserwirtschaft mbH



### Konzept I. – Status Quo

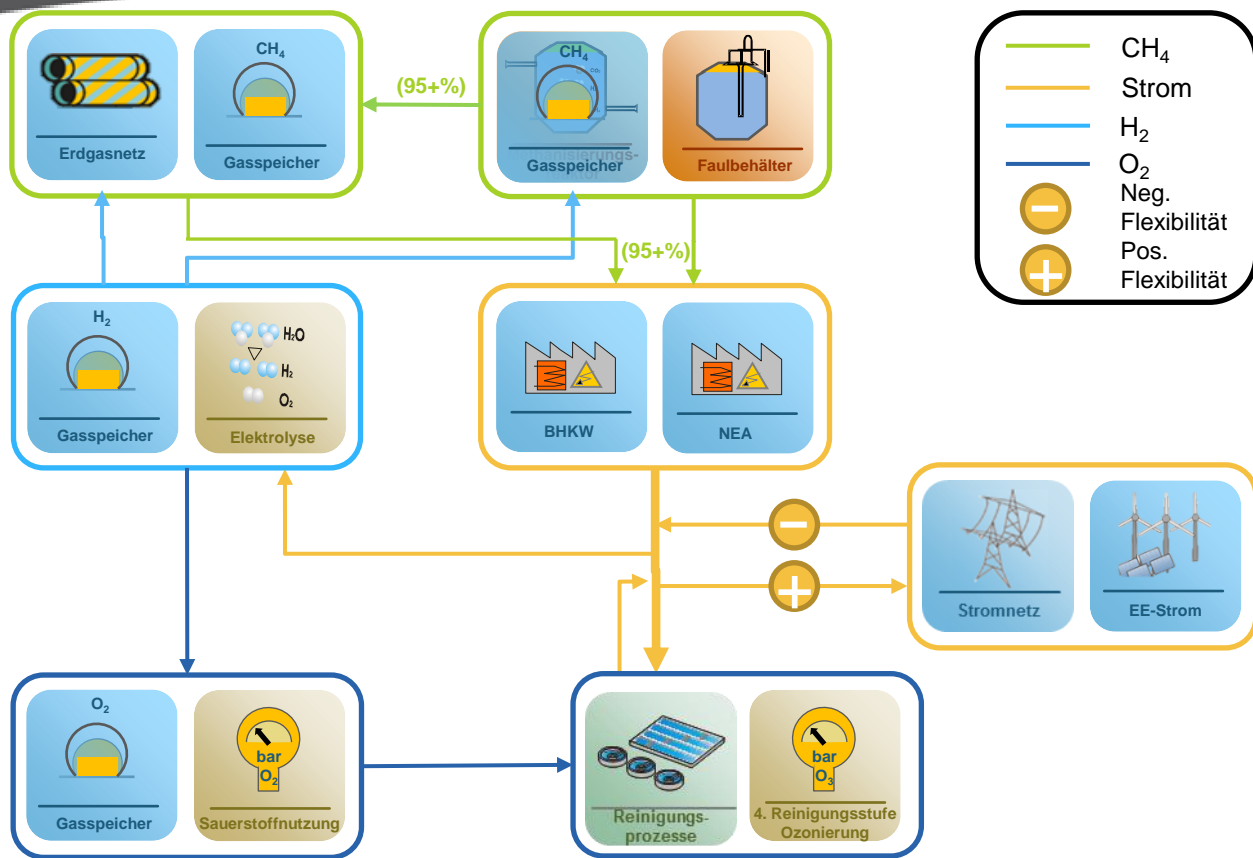
Konzept II. – Druckluft

Konzept III. – H<sub>2</sub>-Nutzung

Konzept IV. – H<sub>2</sub>-Einspeisung

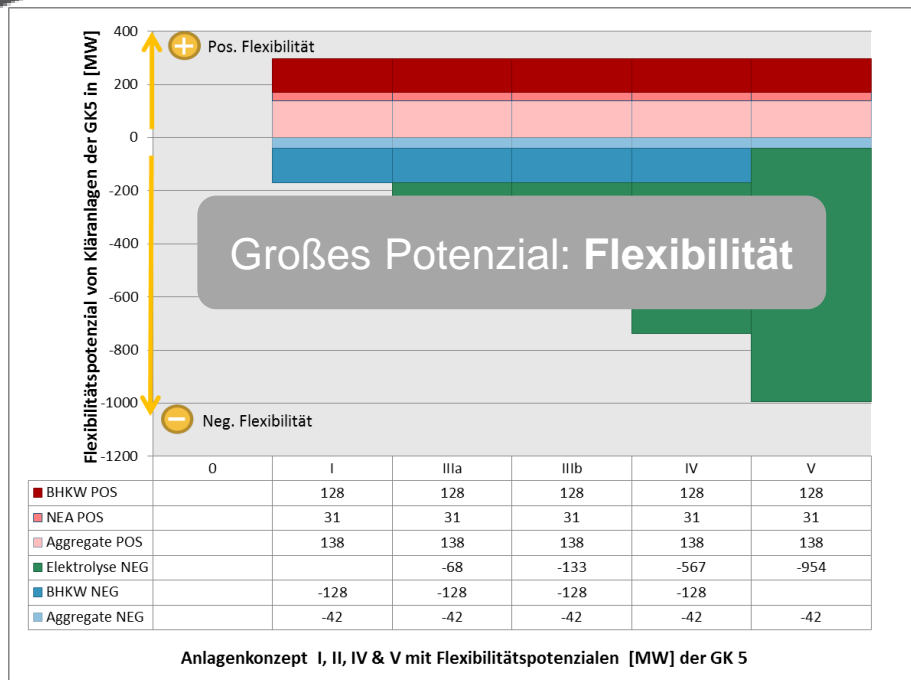
Konzept V. – Biologische  
Methanisierung

Elektrolyseur als innovativer  
Flexibilitätsbaustein zur  
Schaffung von Synergien auf  
der Kläranlage

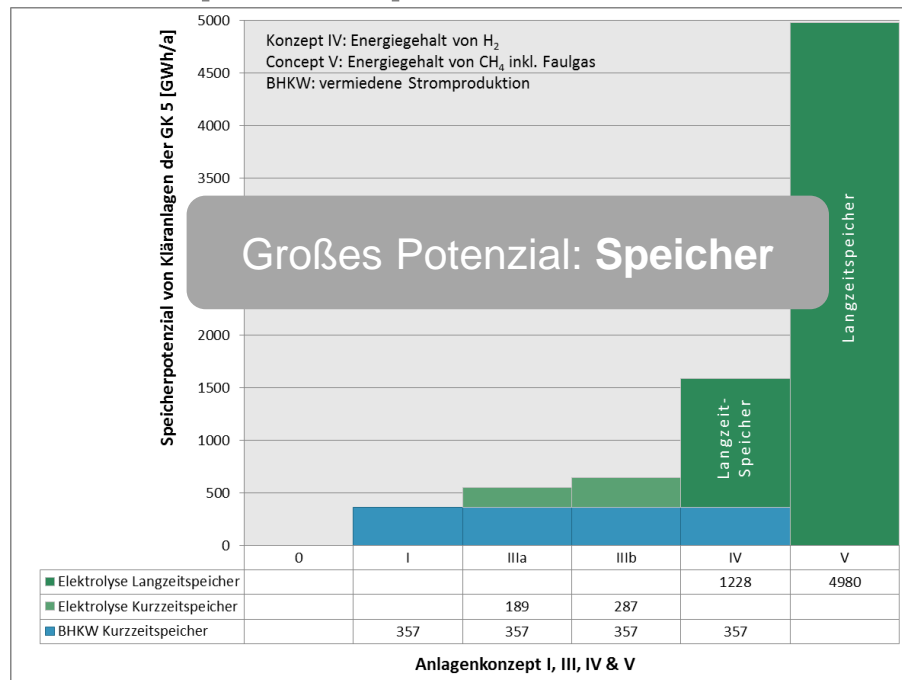


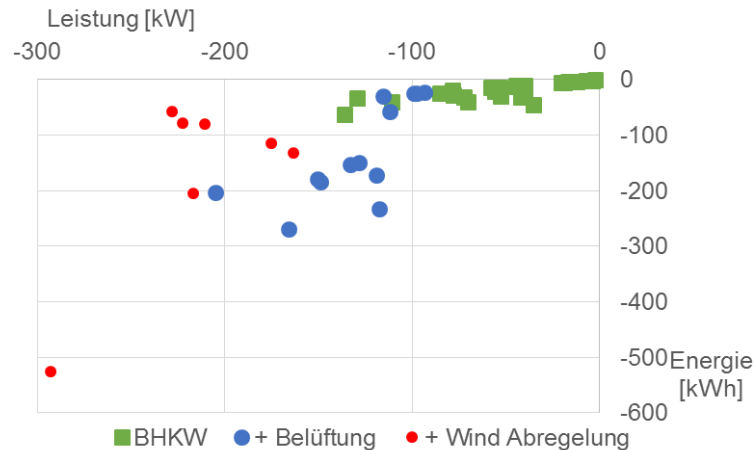
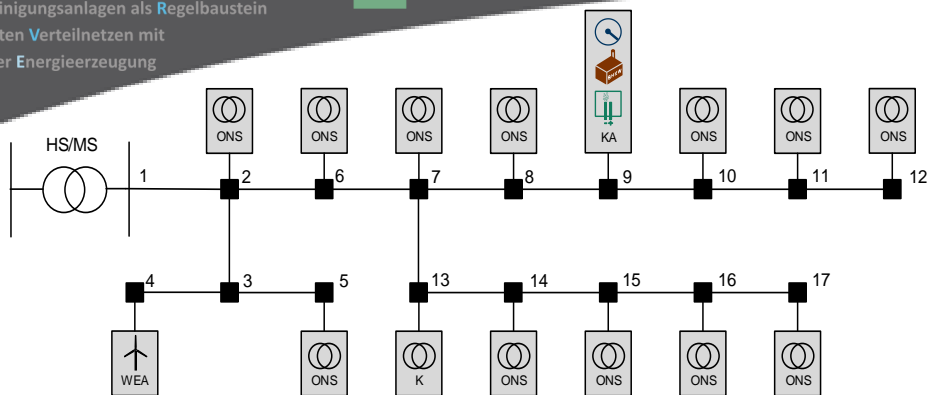
## Potenziale

### Flexibilität GK 5

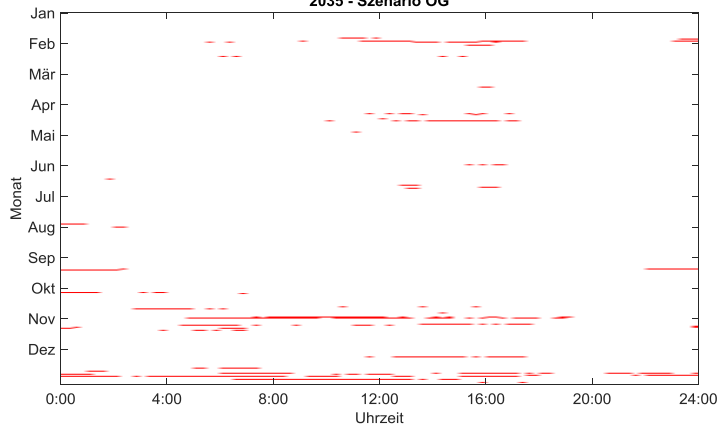


### Speicherpotenzial GK 5





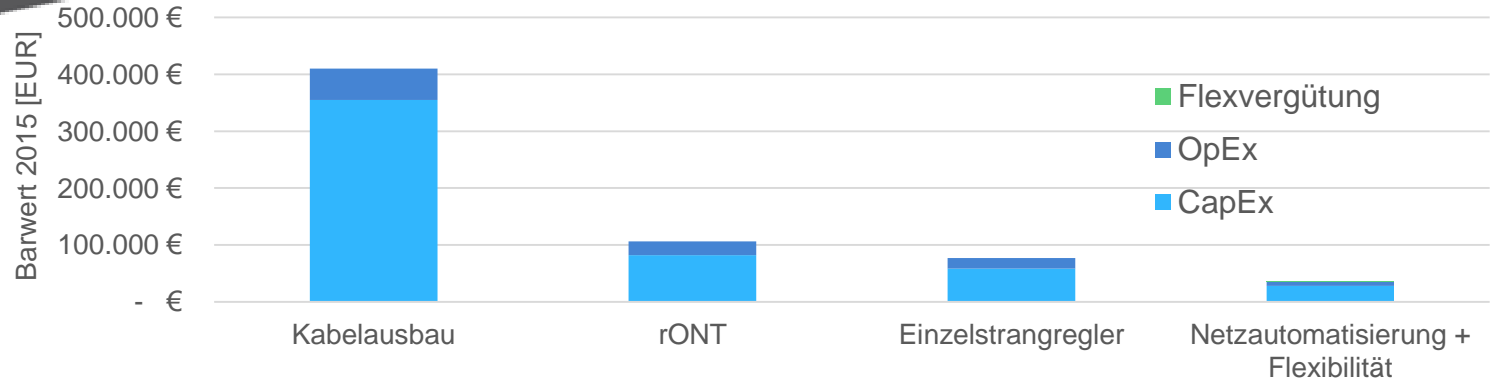
2035 - Szenario OG



- Kopplung von Netzmodell und Kläranlagenmodell durch **Netzkapazitätskorridor**
- Grenzwertverletzungen sehr selten und kurz  
→ große Zeiträume für Flexibilitätsangebote am Markt
- Großteil der **Netzprobleme durch bestehende Flexibilitäten der Kläranlage lösbar** ohne negative Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb

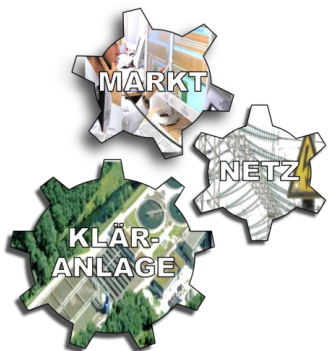
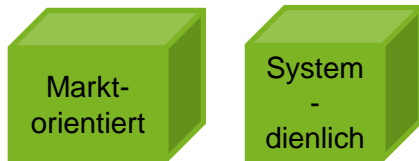


### Kostenvergleich Netzertüchtigung

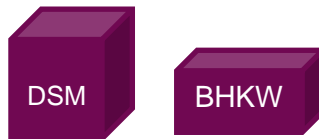


- Netzautomatisierung und **Flexibilitätsmanagement kostengünstigste Option**
- Wettbewerb der günstigsten Flexibilitätsoptionen (inkl. Einspeisemanagement)
- relativ **geringe Kompensationszahlungen** erforderlich für dynamisches Einspeisemanagement der Windenergieanlage → **relativ geringe Erlösmöglichkeiten für Kläranlagenbetreiber** aus netzdienlichem Verhalten
- Deckungsbeiträge für KA-Investitionen müssen aus **marktorientierter Fahrweise kommen** („Mitnahmeeffekt“ dennoch ausnutzen)

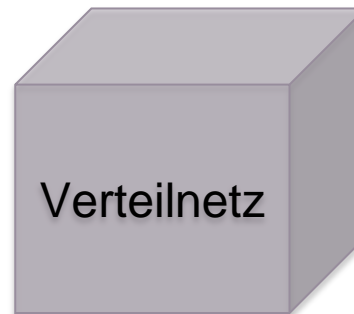
### Bedarf



### Angebot



### Netzrestriktionen



### Kläranlagen ...

- ... können einen **Beitrag zur bedarfsgerechten Entlastung und Stabilisierung von Stromnetzen** leisten. Sie verfügen dazu über ein **signifikantes Potenzial**.
- ... können in spezifischen Anschlusssituationen **im Verteilnetz** dazu beitragen, dass **konventioneller Netzausbau entfallen oder verzögert** werden kann.
- ... mit Schlammfäulung sind - abhängig von der örtlichen Situation der Strom- und Gasnetze - **geeignete Standorte zur Umsetzung von Power-to-Gas-Anlagen**.
- ... ermöglichen die **Sektorenkopplung** (Strom-Gas-Wärme).



### Kläranlagen ...

- ... sind in der Lage ihre **Betriebsweise temporär** aufgrund externer sowie interner Anforderungen **anzupassen, ohne den Klärprozess negativ zu beeinflussen.**
- ... können an **neuen Geschäftsmodellen und Produkten** mit ihren **vorhandenen Flexibilitäten** partizipieren und davon profitieren.



### Voraussetzung:

Die **Nutzung vorhandener Flexibilitäten** muss durch die **Schaffung von Anreizsystemen** und **transparenter, lösungsorientierter** (rechtlicher & politischer) **Rahmenbedingungen** gestützt werden.



### arrivee-Konzepte sind innovativ und gesellschaftlich relevant :

- Vorhandene **Ressourcen** werden **energetisch effizient genutzt**.
- **Technologisch innovativen Verfahren für dezentrale Energiemärkte der Zukunft** wird der Weg bereitet.
- Die **gemeinwohlorientierte Kommunalwirtschaft** wird **aktiv in die Stabilisierung der Energiewende einbezogen**.



Das Team **arrivee**   
Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein  
in intelligenten Verteilnetzen mit  
erneuerbarer Energieerzeugung



bedankt sich ...

... beim BMBF für die Förderung!  
... bei Ihnen für das Interesse!



# ERWAS-Querschnittsthema ESpEN „Energiespeicher und Energienetze“

*Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt, TU Kaiserslautern*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

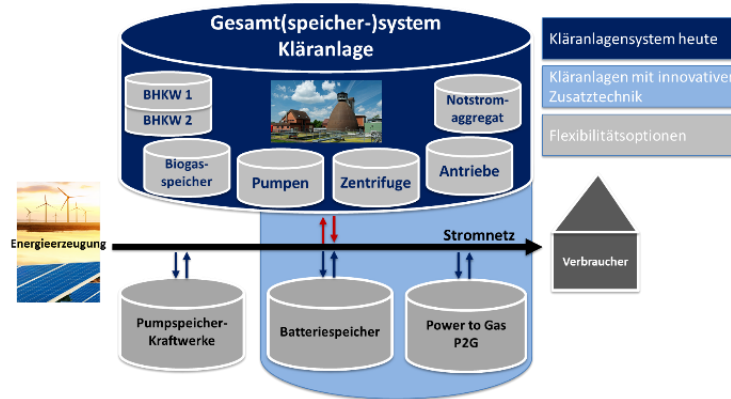


## Informationsaustausch und Vernetzung der Verbundprojekte zu den Themen:

- Gemeinsam benötigte und wichtige **Kennzahlen** im Bereich Energie/Wasser
- In den Projekten angesetzte **Strompreise** und deren Entwicklung
- Wechsel vom Großthema „Bereitstellung von Regelenergie“ zur Begriffsprägung „**Flexibilität**“ auf wasserwirtschaftlichen Anlagen (entstandene Veröffentlichung)



- Große Anlagen bieten gute Voraussetzungen und Potenziale zur Marktteilnahme
- Kleinere Anlagen können im Verbund eines Virtuellen Kraftwerks am Markt agieren
- Einsatzfelder sind vielfältig und noch nicht umfänglich erschlossen (z.B. Markt auf Verteilnetzebene)
- Einsatzbereiche werden erheblich von den rechtlichen Rahmenbedingungen und deren zukünftigen Ausgestaltung abhängig sein



Abwasserwirtschaftliche Systeme als Flexibilitätsbaustein in der Energiewirtschaft (Gretzschel et al. 2016)

### Systemdienlicher Einsatz "Regelenergiemarkt"

- Minutenreserve - MRL
- Sekundärreserve - SRL
- Primärregelleistung - PRL

### Marktdienlicher Einsatz "Börse & Lastmanagement"

- Day-ahead, Intra-day
- Lastprofiloptimierung
- Preisschwankungen am Strommarkt nutzen (Arbitrage)

### Netzdienlicher Einsatz "netzseitige Betriebsmitteloptimierung"

- Netzkapazitätsmanagement / lokale Netzdienstleistungen
- Intelligente Mittel- und Niederspannungsnetze, z. B. Smart-Grids
- Atypische Netznutzung

Einsatzmöglichkeiten für Flexibilität (Gretzschel et al., 2016)

