

Theo G. Schmitt; Michael Schäfer; Oliver Gretzschel*



Kläranlagen als Flexibilitätsoption im Stromnetz

Ergebnisse aus dem Verbundprojekt arrivee: Welchen Beitrag leisten Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung im Rahmen der Energiewende?

Das Verbundprojekt arrivee hat in den letzten 3 Jahren untersucht, welchen Beitrag Kläranlagen mit separater anaerober Schlammstabilisierung durch Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen im Rahmen der Energiewende leisten können. Der steigende Bedarf des Ausgleichs fluktuierender Energiemengen ist eine Folge des stetigen Ausbaus der Erneuerbaren Energien (EE) im Rahmen der Energiewende. Wurde früher ein Großteil der Grundlast über Atomkraft und fossile Energieträger erbracht, muss diese mengenmäßige Lücke zukünftig nicht nur geschlossen werden, sondern stellt die Energiewirtschaft vor neue Herausforderungen. Aus Sonne und Wind erzeugte Energie schwankt entsprechend ihrem natürlichen Aufkommen und kann zeitweise zu Energieüberschüssen führen, die nicht ins Stromnetz eingespeist werden können. Umgekehrt kann es zu Versorgungsengpässen kommen, die von flexiblen (erneuerbaren) Stromerzeugern ausgeglichen werden müssen. Mit dem Ausbau der EE steigt dieser Bedarf an Netz- und Systemdienstleistungen stetig an. Dazu gehören sowohl flexible Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen als auch Energiespeicher, die die Stabilität und Funktionsfähigkeit der Stromnetze zukünftig gewährleisten müssen. Ziel des Verbundvorhabens „Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung – arrivee“ ist die Integration der in Deutschland flächendeckend vorhandenen Kläranlagen mit Schlammfäulung in ein optimiertes Flexibilitäts- und Speicherkonzept, um damit einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. Das Faulgas, das auf diesen Anlagen bei der anaeroben Schlammfäulung anfällt, wird üblicherweise mit Kraft-Wärme-Kopp-

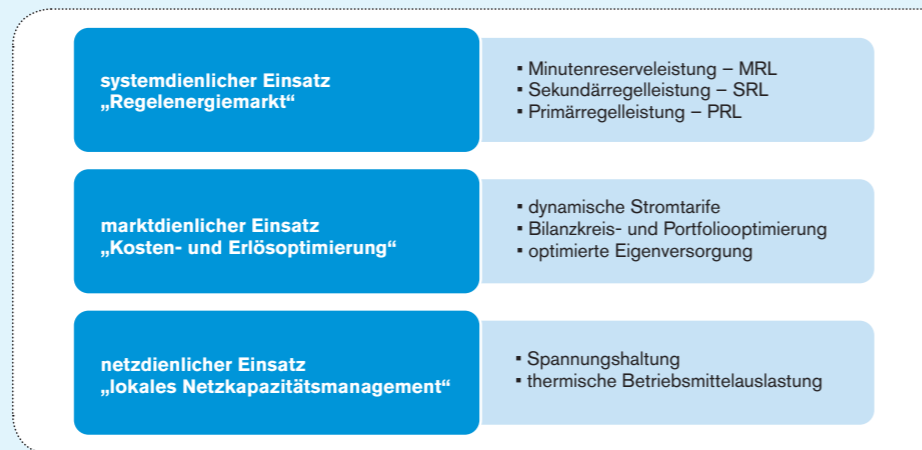


Bild 1 Einsatzmöglichkeiten für Flexibilität, angepasst nach /7/

Quelle: TU Kaiserslautern

lungs-Anlagen (KWK-Anlagen), i.d.R. Blockheizkraftwerke (BHKW), nach Erfordernissen des Kläranlagenbetriebs zur Eigenversorgung verstromt. Kläranlagen mit Schlammfäulung bieten mit ihren vorhandenen KWK-Anlagen und den zugehörigen Gasspeichern hervorragende technische Voraussetzungen, um Flexibilität „in beide Richtungen“ zur Verfügung zu stellen.

Flexibilitätsoptionen und -potenziale

Der Stromverbrauch von Kläranlagen ist sehr unterschiedlich und variiert nach Art der Abwasserbehandlung, Anlagengröße,

lokalen Randbedingungen und dem Einsatz der KWK-Anlagen zur Stromproduktion. Darüber hinaus sind stündliche, tägliche und saisonale Schwankungen gegeben. Durch die Analyse des Energiebedarfs, der Energieerzeugung und der unterschiedlichen Verfahrensprozesse von Faulungsanlagen wurde das Potenzial zur Bereitstellung von Flexibilität ermittelt (Tabelle 1).

Dabei sind die Aggregateleistungen und die Dauer der Leistungserbringung (verschiebbare Energiemenge) die maßgebenden Faktoren. Neben den Stromerzeugungsanlagen können ebenfalls die Stromverbraucher der Kläranlagen (z. B. Gebläse, Rücklauf-

Tab.1 Potenziale der installierten KWK-Leistung und Netzersatzanlagen (NEA) sowie der theoretischen zu- und abschaltbaren Energiemengen (unter voller Nutzung des Gasspeichers) nach /2/

Größenklasse	Leistung (MW)	(+) Flexibilität zuschaltbare Energiemenge (MWh/d)	(-) Flexibilität abschaltbare Energiemenge (MWh/d)
GK 1-3	2,17	13,94	17,86
GK 4	84,54	694,52	992,61
GK 5	128,28	977,13	1.135,88
Σ KWK-Anlagen	Σ 214,98	Σ 1.685,59	Σ 2.146,35
Σ NEA	Σ 98,01	Σ 48,34	0

* Weitere Autoren: Artur Bidlingmaier, Babett Hanke, Inka Hobus, Verena Honeck, Tobias Kornrumpf, Philipp Pyro, Dirk Salomon, Markus Zdrallek



Bild 2 Projektteam arrivee mit Frau Wunsch von ERWAS-net (v. l.) und Abwassermeister Engels (vorn) beim letzten Projekttreffen auf der Pilotanlage Radevormwald

Quelle: TU Kaiserslautern

schlamm-pumpen, Zentrifugen u.a.) flexibel betrieben werden. Hierzu wurde ein Vorgehen entwickelt mit dem Flexibilitätsbausteine nicht nur auf Erzeugerseite, sondern auch Verbrauchsaggregate auf der Kläranlage identifiziert, flexibel genutzt und in ihrem Betrieb optimiert werden können. Dies erfolgte in einem ersten Schritt durch Literatursauswertung, Datenanalyse sowie Modellierung und Versuche auf der Pilotanlage Radevormwald. Diese sowohl aus dem Energiesektor stammenden als auch klärtechnischen Parameter wurden über die Modellierung bis zur Einbindung als technische Einheiten in ein virtuelles Kraftwerk getestet, um die Praxistauglichkeit und ihre Wirksamkeit zu belegen.

Diese Einschätzungen zu nutzbaren Aggregaten, deren erforderlichen technischen Kenngrößen sowie Restriktionen und Kontrollparameter zur Implementierung können interessierten Betreibern als erste Emp-

fehlungen zur Flexibilisierung dienen (siehe hierzu /1/).

Die ermittelten Potenziale zeigen, dass Kläranlagen derzeit mit ihren KWK-Anlagen rund 215 MW_{el} /2/ an flexibler Leistung bereitstellen können, die zukünftig auf bis zu 300 MW_{el} ansteigen könnte /3/. Eine ausführliche Darstellung der ermittelten Potenziale können /3/ und /2/ entnommen werden.

Des Weiteren bieten Faulungsanlagen sehr gute Voraussetzungen zur Umsetzung der Power-to-Gas-Technologie (PtG). Hierbei wird Strom aus EE über die Verfahrensschritte der Wasserelektrolyse und weitergehenden Methanisierung in einen speicherbaren regenerativen Energieträger umgewandelt: Methan (CH₄).

Im Rahmen von arrivee hat sich dabei die biologische Methanisierung im externen Reaktor als vielversprechendste Technologie erwiesen, die aktuell auch in großtechnischer Umsetzung erfolgreich erprobt

wird /4/. Kläranlagen können mit dieser Verfahrenstechnik ausgestattet sowohl als Kurzzeit- als auch als Langzeitspeicher für EE-Strom agieren.

Die technische Umsetzung des Aggregatenmanagements, die Interaktion mit dem Stromnetz sowie die Einbindung von PtG wurde in arrivee am Beispiel der Kläranlage Radevormwald (66.700 E) und dem vorgelagerten Stromnetz untersucht. Weiterhin wurde für drei Musterkläranlagen der Ausbaugröße 20.000 E, 50.000 E und 150.000 E Anlagenkonzepte entworfen und die Elektrolyse jeweils für den spezifischen Anwendungsfall dimensioniert. In Tabelle 2 sind die Anlagenkonzepte dargestellt und jeweils kurz beschrieben. Das für Anlagenkonzept V ermittelte theoretische Potenzial für Kläranlagen der Größenklasse 5 (alle Kläranlagen > 100.000 E mit insgesamt 64,1 Mio. angeschlossenen E) liegt bei 0,95 GW Elektrolyseleistung und unter der Annahme eines Elektrolysebetriebs von

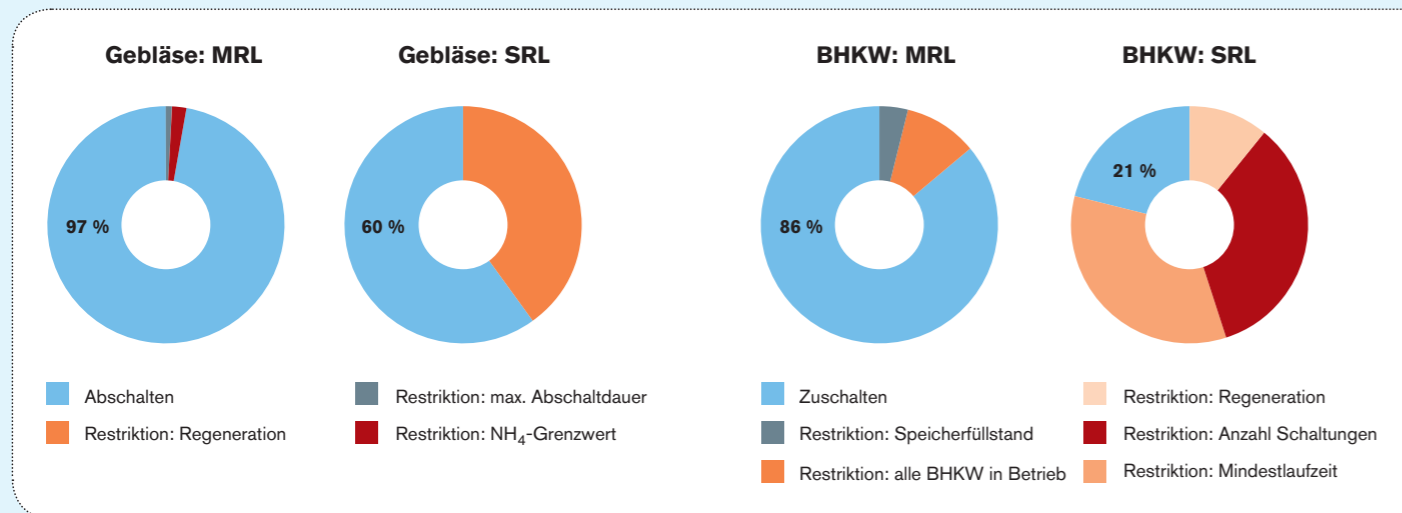


Bild 3 Simulationsergebnisse zur Bereitstellung von positiver Flexibilität von Gebläsen und BHKW-Anlagen aufgrund von prognostizierten Marktsignalen des Jahres 2035. Quelle: WtW mbh Wuppertal

3.800/a (in Anlehnung an /5/ und eigener Simulation) bei einer Langzeitspeicherkapazität von 2,4 TWh bezogen auf den Energiegehalt des erzeugten Wasserstoffs bzw. 5 TWh bezogen auf den Energiegehalt des einspeisefähigen Methans nach Methanisierung des Faulgases /6/.

Flexibler Betrieb der Pilot-Kläranlage

Die Kopplung zwischen Kläranlage, Strommarkt und -netz wurde beispielhaft für die Kläranlage Radevormwald untersucht. Um den unterschiedlichen Flexibilitätsbedarf aufgrund eines fortgeschrittenen EE-Ausbaus zu berücksichtigen, wurden die Jahre 2014 und 2035 als Betrachtungszeitpunkte

angesetzt. Wasserwirtschaftliche Anlagen können als Flexibilitätsdienstleister an unterschiedlichen Märkten agieren. In Bild 1 sind die Optionen mit ihren Einsatzmöglichkeiten zusammenfassend dargestellt. Mit einer ausführlichen Analyse wurden für den Status-Quo Aggregate identifiziert, die für einen flexiblen Betrieb geeignet sind. Um die Auswirkungen für den Anlagenbetrieb zu beurteilen, wurden im Vorfeld Abschaltversuche für die Gebläse der biologischen Stufen und die Rücklaufschlammumpfen auf der Kläranlage Radevormwald während Trockenwetter durchgeführt. Die Reinigungsleistung der Kläranlage wurde durch das Abschalten der Gebläse für 60 min und der RS-Pumpen für 120 min nicht nennenswert beeinträchtigt.

Um den Einfluss eines flexibilisierten Kläranlagenbetriebs auf Reinigungsleistung, Energieproduktion und Fremdbezug über einen längeren Zeitraum zu beurteilen, wurden die biologischen Prozesse der Abwasserreinigung und der Schlammbehandlung in dem Simulationsmodell „SIMBA“ abgebildet /8/. Die unterschiedlichen innovativen Anlagenkonzepte für die Bereitstellung von Flexibilität wurden in das Modell eingebunden. Für das Anlagenkonzept I wurde der flexibilisierte Betrieb von Gebläsen, Rücklaufschlammumpfen, Rezirkulationspumpen, maschineller Überschussschlammverdickung und BHKW berücksichtigt. Über aggregatespezifische Restriktionen (u.a. Ammoniumkonzentration im Ablauf der Belebungs-, Regenerationszeiten der Aggregate, Schalthäufigkeiten)

Tab. 2 Untersuchte arrivee-Anlagenkonzepte mit Kurzbeschreibung

Anlagenkonzepte	
0 - Status-Quo	Referenzkonzept: Die Kläranlage wird mit Fokus auf Eigenstromproduktion gefahren, keine flexible Interaktion mit dem der Energiewirtschaft.
I - Status-Quo-Flex	Der flexible Betrieb richtet sich auf den Anlagenbestand. Dabei werden sowohl die Potenziale des Aggregatemanagements als auch der KWK in Verbindung mit den entsprechenden Gasspeichern genutzt.
Ila - Druckluft	Die Bereitstellung negativer Flexibilität wird durch die Möglichkeit der Druckluftzerzeugung erhöht. Diese wird gespeichert und kann anstatt der Belüftungsaggregate der Biologischen Stufe verwendet werden.
Iib - VPSA	Die Flexibilität wird durch die Erzeugung von Sauerstoff mittels VPSA erhöht. Dieser wird unter Druck gespeichert und kann dann zeitversetzt für die Belüftung der biologischen Stufe zudosiert oder als Reinsauerstoffbelüftung verwendet werden. Ein weiterer Anwendungsbereich kann die Nutzung als Ausgangsprodukt für die Ozonherstellung zur Spurenstoffelimination. Dadurch kann Belüftungsenergie eingespart und ein zusätzliches Potenzial für positive Flexibilität gewonnen werden.
III - H ₂ -Nutzung	Dieses Konzept ergänzt den Anlagenbestand um den Baustein der Wasserelektrolyse zur Umwandlung von überschüssigem EE-Strom in speicherfähigen Wasserstoff. Der H ₂ wird direkt auf der Anlage verwertet. Es bestehen folgende Optionen: H ₂ zu einem Anteil von 10 % zum Klärgas beimischen oder Betrieb eines H ₂ -BHKW in Kombination mit einem H ₂ -Speicher. Darüber hinaus kann der Sauerstoff einer weiteren Verwendung zugeführt werden. Verwertungspfade sind: Belüftung oder die Verwertung im Rahmen einer Ozonierung einer Spurenstoffelimination.
IV - H ₂ -Einspeisung	Bei diesem Konzept wird die Kläranlage zum Langzeitspeicher indem sie Überschussstrom in einen chemischen Energieträger (H ₂) umwandelt und ins Gasnetz einspeist. Der Sauerstoff kann auch hier wie in Konzept III auf der Kläranlage genutzt werden. Die H ₂ -Einspeisung wird beschränkt durch die Vorgaben des Gasnetzbetreibers.
V - Methanisierung	Dieses Konzept kombiniert den Baustein der Wasserelektrolyse mit dem Prozess der Methanisierung des anfallenden Faulgases in einem separaten Reaktor. In diesem erfolgt der Prozess des biologischen Methanisierung. Das entstehende hochreine Methan kann ins Gasnetz eingespeist werden. Im Gegensatz zur Wasserstoffeinspeisung bestehen für die Methaneinspeisung keine Einschränkungen.

wurde gewährleistet, dass der flexible Betrieb keine bzw. nur äußerst geringfügige Auswirkungen auf die Reinigungsleistung und die Betriebsabläufe der Kläranlage hat. Im Folgenden werden beispielhaft die Ergebnisse eines flexiblen Betriebs der Gebläse und BHKW für den Betrachtungszeitraum 2035 für die Minutenregelung (MRL) und Sekundärregelung (SRL) (s. Tabelle 2, Anlagenkonzept I) dargestellt (vgl. Bild 3). Bei der MRL konnten die Abschaltensignale für die Gebläse unter Einhaltung der festgelegten Restriktionen zu 97 % und bei der SRL zu 60 % bedient werden. Die Bereitstellung von Flexibilität mit den BHKW ist im Vergleich zu den Gebläsen prozentual etwas geringer. Bei der MRL kann das BHKW zu 86 % der Zeit zugeschaltet werden. Bei der SRL ist

Es zeigt sich, dass Kläranlagen Flexibilität am Regelenergiemarkt anbieten können. Je nach Produkt muss die Betriebsweise angepasst, geplant und im internen Lastmanagement abgestimmt werden, um möglichst zuverlässig zu agieren.

Einbindung der Kläranlage in ein Virtuelles Kraftwerk

Im Rahmen des Projekts wurde auf der Kläranlage Radevormwald Anlagentechnik wie die Belüftung im Belebungsbecken, die Rücklaufschlammumpfen und die BHKWs in Gruppen zusammengefasst und in das Virtuelle Kraftwerk (VK) der Transferstelle Bingen integriert. Ein VK wird durch den Zusammenschluss diverser kleiner dezentra-

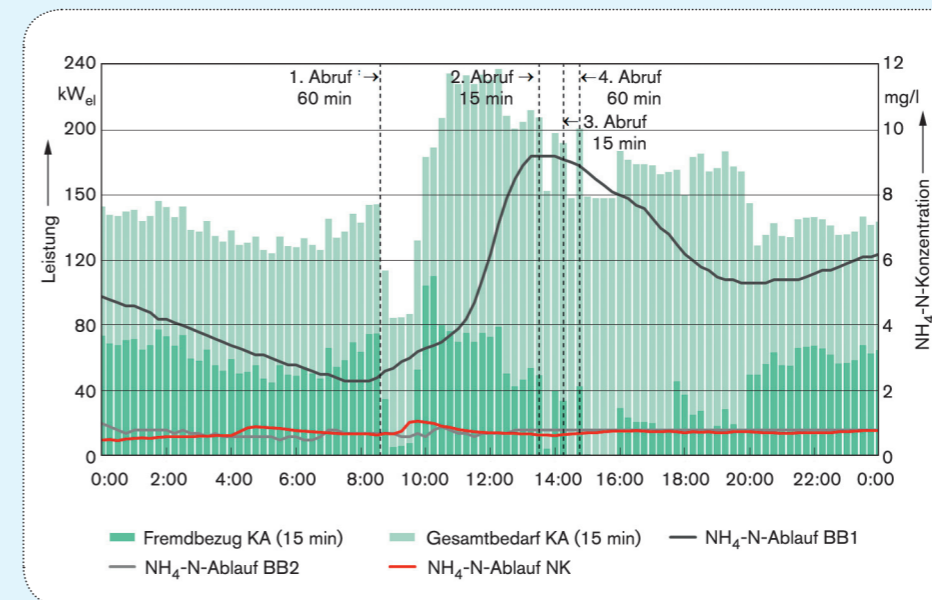


Bild 4 Regelenergie-Abruf und Bereitstellung in Bezug zu NH₄-N. Quelle: Wuppertalverband

die Zuschaltquote mit 21 % deutlich niedriger. Der Rückgang der Flexibilität bei der SRL ist auf die hohe Anzahl von kurzen Signalen zurückzuführen, die zum Schutz der Aggregate durch die Restriktionen (Regeneration, maximale Schaltzahl pro Tag, Mindestlaufzeit) begrenzt wurde. Dies schränkt die Flexibilität der Aggregate bei der SRL deutlich ein. Die Analyse der Ammoniumkonzentrationen im Ablauf der Nachklärung zeigt nur bei einzelnen längeren Abrufsignalen der MRL einen Anstieg in der Simulation. Durch die festgelegten Restriktionen liegen die Ablaufwerte allerdings permanent deutlich unter dem Überwachungswert. Bei den überwiegend nur kurzen Abrufdauern der SRL kommt es dagegen in der Simulation zu keinerlei Erhöhung der Ammonium-Ablaufwerte.

ler Anlagen selbst zu einer größeren Anlage, um am Markt über einen Poolbetreiber teilzunehmen. Zur Fernsteuerbarkeit der Anlage muss dazu eine bidirektionale Kommunikation mit den Erzeuger- und Verbraucheranlagen aufgebaut werden. Die Anlagen sollten entsprechend ihren Möglichkeiten zur Erbringung von Laständerung im Sinne der Regelenergie angeregt werden. Untersucht wurden MRL und SRL, die sich hinsichtlich des Abrufprinzips und ihrer zeitlichen Aktivierung unterscheiden. Die Aktivierung von Arbeit kann in der Regelenergie sehr kurzfristig (Sekunden bis Minutenbereich) erfolgen, weshalb sich Verbraucher und Erzeuger, die schnell aktiv reagieren können, besonders gut eignen. Das testseitige Nachfahren von ausgewählten Abrufzeiten nach historischen Markt-

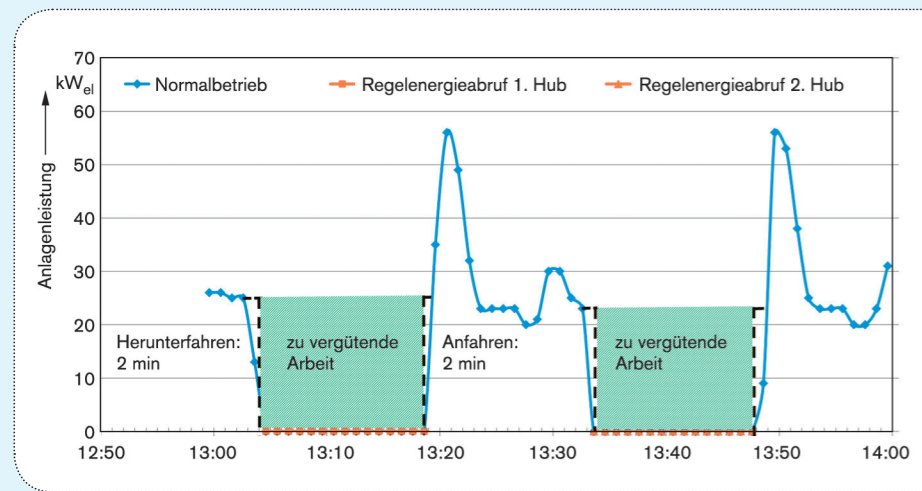


Bild 5 Negativer Doppelhub der Rücklaufschlammumpen der Kläranlage Radevormwald

Quelle: TSB Bingen

daten des Jahres 2014 der Minutenreserve innerhalb des Projekts erfolgte bei einem BHKW mit 80 kW_{el} als Stromerzeuger, jeweils in die positive (Erzeugerleistung erhöhen) und negative (Erzeugerleistung verringern) Richtung. Die Rücklaufschlammumpen (3 × 30 kW_{el}) und Belüftungsgruppen der Belebung 1 (55, 75 u. 90 kW_{el}) und 2 (3 × 75 kW_{el}) wurden als Stromverbraucher nur in die positive Richtung (Verbraucherleistung verringern) gesteuert. Dabei wurde ein Zeitfenster mit besonders hoher Marktaktivität ausgewählt, was zu intensiven Interaktionen zwischen MRL-Markt und Kläranlage führte. Durch den Testbetrieb der technischen Einheiten sollte neben dem Nachweis der Reaktionszeiten und der Funktionsfähigkeit der Kommunikation mit den Einheiten auch aufgezeigt werden, ob die Betriebssicherheit der Kläranlage durch die Flexibilisierung der Anlagen weiterhin eingehalten werden kann. Dabei wurden die erarbeiteten Restriktionen im Leitsystem der Anlage hinterlegt und in ihrer Wirksamkeit bestätigt. In Bild 4 sind mehrere Abrufe mit einer Dauer von 15 bis 60 min Dauer dargestellt. Zu erkennen ist, dass trotz Abschaltung der Gebläse während der Ammonium-

zulaufspitze keine Erhöhung der Gesamtlaufwerte festzustellen ist. Die Ergebnisse nach 6 Testwochen zeigen, dass die Reaktionszeiten der Aggregate und des BHKW für die Erbringung in der Minuten- sowie Sekundärreserve qualifiziert sind. Ebenso war die Kommunikation stabil und die Abrufhäufigkeiten konnten eingehalten werden. In Bild 5 ist beispielhaft die Kennlinie eines benötigten Doppelabrufes zur Präqualifikation der Rücklaufschlammumpen der Kläranlage Radevormwald dargestellt.

Auswirkungen auf das Verteilnetz

Der überwiegende Anteil der Erneuerbaren Energien wird im Verteilnetz (Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetze) angeschlossen. Neben den systemweiten Auswirkungen der fluktuierenden Erzeugung auf die Netzfrequenz und die Strompreise kommt es somit auch zunehmend zu lokalen Engpässen in Form von thermischen Betriebsmittelüberlastungen und Spannungsbandverletzungen. Um diese lokalen Netzprobleme zu beheben, stehen den Verteilnetzbetreibern verschiedene konventionelle

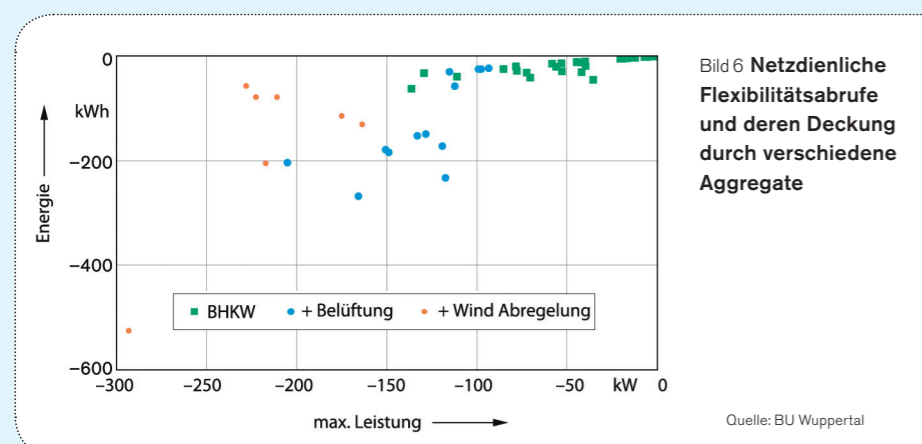


Bild 6 Netzdienliche Flexibilitätsabrufe und deren Deckung durch verschiedene Aggregate

Quelle: BU Wuppertal

(z. B. Kabelausbau) und innovative Handlungsoptionen (z. B. Netzzustandsüberwachung mit dynamischen Regelungseingriffen) zur Verfügung.

Die Betriebsweise der Flexibilitätsoptionen auf Kläranlagen hat direkte Auswirkungen auf den Netzzustand im vorgelagerten Mittelspannungsnetz. Um lokale Netzprobleme zu vermeiden, muss der Netzzustand überwacht und bei Bedarf entsprechend steuernd eingegriffen werden. Heutzutage wird hierfür überwiegend die Einspeisung der Erneuerbaren Energieerzeuger abgeregelt. Zukünftig können aber auch weitere Flexibilitätsoptionen in die Netzregelungskonzepte eingebunden werden und beispielsweise über einen regionalen Flexibilitätsmarkt koordiniert werden (vgl. /9/, 10/).

Im Rahmen des arrivee-Projekts wurden mehrere Szenarien für die EE-Entwicklung im Netzgebiet Radevormwald bis 2035 entwickelt und die Auswirkungen auf das Mittelspannungsnetz umfangreich untersucht. Durch die gekoppelte Simulation des Netzmodells mit dem Kläranlagenmodell konnte der netzdienliche Einsatz der Kläranlagenflexibilität analysiert werden. Darüber hinaus wurden weitere Netzplanungsvarianten unter Einsatz verschiedener Technologien technisch und wirtschaftlich bewertet.

In den Szenarien mit einer mittleren bis hohen EE-Durchdringung erweist sich die Ertüchtigung des Netzes mit einer Zustandsüberwachung und der Einbindung von Flexibilitäten als kostengünstigste Planungsvariante (Kostensparnis von 90 % gegenüber dem konventionellen Netzausbau). Der tatsächliche Zugriff auf die Flexibilitäten ist selbst im oberen Grenzszenario für das Jahr 2035 nur in 45 Stunden des Jahres (0,5 % des Jahres) und somit äußerst selten erforderlich. Der Großteil des netzdienlichen Flexibilitätsbedarfs kann dabei durch die kurzzeitige Abschaltung der Klär-gas-BHKW gedeckt werden. Für einige Abrufe sind die Zuschaltung weiterer Gebläse der Belüftung und die zusätzliche Abregelung der Windenergieanlage erforderlich. Bild 6 zeigt die maximale (negative) Leistung und die Energie der Flexibilitätsabrufe eines Jahres und durch welche Aggregate diese gedeckt werden können.

Die markt- und systemdienliche Fahrweise der Kläranlagenflexibilität führt vereinzelt zu zusätzlichen Netzproblemen. Die seltene Einschränkung der Marktaktivitäten auf Basis des Netzzustands erweist sich auch hier als sinnvollste Variante.

Aspekte der Wirtschaftlichkeit

Können Kläranlagen mit ihren Stromerzeugern und Verbrauchgruppen sowie Langzeitspeichern (PtG) als Dienstleister für das Stromsystem und den Energiemarkt schon derzeit unter wirtschaftlichen Gesichts-

punkten auftreten? Derzeit ist die Regelenergieerbringung nur in der positiven Richtung und bei hohen Abrufhäufigkeiten wirtschaftlich sinnvoll, was das BHKW und die Verbrauchsgruppen Gebläse und Pumpen gut darstellen können.

Auf eigenen Erkenntnissen basierend und unter Einbeziehung von Experteninterviews sowie in Anlehnung an /11/, /12/ wird sich in den nächsten Jahren die Situation aufgrund der Anbieterentwicklung, den regulatorischen Entwicklungen, Kraftwerkseinsatz/EE-Entwicklung und Lastentwicklung/-verlauf verstärken. Es werden mehr Abrufstunden und ein Mehrbedarf an Regelleistung erwartet.

Im Jahr 2035 wird der Strompreis an der Börse bei den kurzfristigen Stromprodukten deutlich höhere Fluktuationen aufweisen. Dies gilt insbesondere für die Phasen, bei denen die Wind- bzw. Solarstromproduktion nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. In diesen Phasen können aber auch derzeit schon kostengünstige Stromerzeuger wie BHKW positiv wirken und ebenfalls Wertschöpfung erzielen.

Eigene Berechnungen, basierend auf den Daten von Agora Energiewende /13/, zeigen, dass zukünftig der durchschnittliche Strompreis am Spotmarkt sinken wird und vermehrt negative Preisausschläge zu erwarten sind. Somit könnten auch künftig

LITERATUR

- /1/ Schäfer, M.; Schmitt, T. G.; Hobus, I. (2017): Energetic flexibility on wastewater treatment plants. In: Water Science & Technology (zur Veröffentlichung angenommen)
- /2/ Schäfer, M.; Gretzschel, O.; Schmitt, T. G.; Taudien, Y. (2017): Flexibilitätspotenziale deutscher Kläranlagen am Energiemarkt. Welchen Beitrag können Kläranlagen in Deutschland mit ihrer Stromproduktion leisten? Eine Bestandsaufnahme. In: wasserwirtschaft wassertechnik Nr. 3, S. 8-12
- /3/ Gretzschel, O.; Schäfer, M.; Honeck, V.; Dornburg, A. (2016): Wasserwirtschaftliche Anlagen als Flexibilitätsdienstleister im Stromnetz - Zwischenergebnisse aus Projekten der BMBF Fördermaßnahme ERWAS. In: Korrespondenz Abwasser; Ausgabe 2016, Nr.8; S. 670-678
- /4/ energate (2017): Schulte: Power-to-Gas-Anlage mit Vorbildcharakter. Interview. Online verfügbar unter <http://www.energate-messenger.de/news/170916/schulte-power-to-gas-anlage-mit-vorbildcharakter-zuletzt-gepruft-am-2.-3.-2017>
- /5/ Sterner, M.; Stadler, I. (2014): Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration. Bedarf, Technologie, Integration: Springer Vieweg
- /6/ Schäfer, M.; Gretzschel, O. (2017): Potential of Wastewater Treatment Plants for Long-Term-Storage options via Power-to-Gas. Posterpräsentation. IRES Konferenz 14.-16. 3. 2017, Düsseldorf
- /7/ Schäfer, M.; Gretzschel, O.; Knerr, H.; Schmitt, T. G. (2015): Wastewater treatment plants as system service provider for renewable energy storage and control energy in virtual power plants - a potential analysis. In: Energy Procedia 2015, Vol. 73, Seiten: 87-93, DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.566
- /8/ Hobus, I.; Pyro, P.; Taudien, Y.; Schäfer, M.; Gretzschel, O. (2017): Dynamische Simulation von Regelenergie- und Speicherkonzepten auf Abwasserreinigungsanlagen. In: MSR in abwassertechnischen Anlagen, Konferenzbeitrag; 30.-31.Mai, Wiesbaden
- /9/ Kornrumpf, T.; Meese, J.; Zdrallek, M.; Neusel-Lange, N.; Roch, M. (2016): Economic Dispatch of Flexibility Options for Grid Services on Distribution Level. Proceedings of the 19th Power Systems Computation Conference (PSCC 2016), Genoa (2016)
- /10/ Kornrumpf, T.; Meese, J.; Zdrallek, M.; Neusel-Lange, N.; Roch, M. (2016): Entwurf und Simulation eines regionalen Flexibilitätsmarktes auf Verteilnetzebene. Tagungsband zur 3. OTTI-Konferenz „Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien“, Berlin (2016)
- /11/ DENA (2014): dena-Studie Systemdienstleistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Online verfügbar unter: https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9094_dena-Studie_Systemdienstleistungen_2030.pdf, zuletzt geprüft am 6. 3. 2017
- /12/ Hirth, L.; Ziegenhagen, I. (2013): Wind, Sonne und Regelleistung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 63. Jg. (2013) Heft 10
- /13/ Agora Energiewende (2015): Agorameter „German Net Power Generation, Consumption and Commercial Exports 2012-2014“, Version 5.2, Stand Mai 2015
- /14/ Hüesker, F.; Charles, T.; Kornrumpf, T.; Schäfer, M.; Schmitt, T. G. (2016): Kläranlagen als Flexibilitätsdienstleister im Energiemarkt. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 2016 (63) Nr. 4, S. 299-304
- /15/ Hüesker, F. (2017): Politicized Nexus Thinking in Practice: Integrating Urban Utilities into Energy Markets. Posterpräsentation. IRES Konferenz 14.-16.3.2017, Düsseldorf
- /16/ Salomon, D.; Schäfer, M.; Hüesker, F. (2017): Kläranlagen als Flexibilitätsanbieter in Stromverteilnetzen. Was ist technisch machbar, ökonomisch sinnvoll und politisch zu steuern? Tagungsband zur 4. OTTI-Konferenz „Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien“, Berlin
- /17/ Hüesker, F. (2017): Ergebnisbericht zu den arrivee Experten-Workshops 2016 - Sozialwissenschaftliche Szenarien zu politischen Rahmenbedingungen 2027 für die Integration von Kläranlagen ins Stromnetz. Online verfügbar unter www.erwas-arrivee.de (ab April 2017)

die Verbrauchergruppen auf der Kläranlage sowie die Langzeitspeicher (PtG) die negativen Preisspitzen wirtschaftlich nutzen. In diesem Zuge erfordert es allerdings Anpassungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere wenn Flexibilität z. B. auch auf der Kläranlage für netz- und systemdienliche Zwecke eingesetzt werden sollen. Derzeit ist der rechtliche Rahmen, gerade im Energiebereich, für den Betrieb dezentraler Stromerzeugungs- sowie Speicheranlagen wenig einheitlich und kompliziert, wie an einem fehlenden widerspruchsfreien Konzept zur Speicherförderung sichtbar wird. Insbesondere die vom Gesetzgeber vorgegebenen finanziellen Belastungen mit Umlagen, Abgaben, Steuern und Entgelten entscheiden häufig über die Realisierung von Vorhaben (vgl. /14/).

Fazit und Ausblick

Die Projektergebnisse von arrivee haben u. a. dazu beigetragen zu zeigen, dass Kläranlagen mit geringen Investitionen in die Lage versetzt werden können einen Beitrag zur bedarfsgerechten Entlastung und Stabi-

lisierung von Stromnetzen zu leisten und dazu über ein signifikantes Potenzial verfügen. Damit können sie gleichzeitig an neuen Geschäftsmodellen und Produkten der Energieversorgung mit ihren vorhandenen Flexibilitätäten teilhaben und davon profitieren. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist, dass Kläranlagen technisch in der Lage sind ihre Betriebsweise temporär aufgrund externer (Strommärkte, Verteilnetze) sowie interner (Lastmanagement) Anforderungen anzupassen, ohne den Klärprozess negativ zu beeinflussen. Auf diese Weise tragen sie zur Kopplung von Sektoren der Ver- und Entsorgung (Wasser/Abwasser – Energie/Strom/Gas) bei /15/.

Diese vielversprechenden Projektergebnisse gilt es nun in die Praxis zu überführen. Die Anlagenkonzepte bieten die Möglichkeit, dass sich Betreiber sukzessive mit den Flexibilitätsoptionen auf der Kläranlage beschäftigen und aktiv an den entsprechenden Märkten teilnehmen. Die dabei zum Teil noch bestehenden Hemmnisse wurden im Rahmen von 25 Forschungsinterviews und zwei Experten-Workshops identifiziert. Der Projektbericht wird Möglichkeiten zu deren Über-

windung und zur Entwicklung förderlicher politischer Rahmenbedingungen aufzeigen (vgl. auch /16, 17/).

Die gesamten Projektergebnisse sowie alle relevanten Projektveröffentlichungen stehen unter www.erwas-arrivee.de im Volltext als Download zur Verfügung.

Danksagung

arrivee wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme NaWaM/ERWAS (FONA) gefördert. Die Autoren danken dem BMBF für seine finanzielle Unterstützung.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Michael Schäfer
Dipl.-Ing. Oliver Gretzschel
Prof. Dr.-Ing. Theo G. Schmitt
TU Kaiserslautern, FG Siedlungswasserwirtschaft
Paul-Ehrlich-Straße 14 · 67663 Kaiserslautern
Tel.: 0631/2054643
E-Mail: michael.schaefer@bauing.uni-kl.de
www.erwas-arrivee.de

Bericht zur Hightech-Strategie:

Investition in Forschung erhöhen

Die Hightech-Strategie des Bundes wurde als Forschungs- und Innovationsstrategie erstmals 2006 vorgestellt. Ende März 2017 beschloss das Bundeskabinett nun den Bericht zur Hightech-Strategie „Fortschritt durch Forschung und Innovation“. Damit informiert die Bundesregierung über die Umsetzung ihrer Strategie und nimmt Stellung zum Jahrgutachten 2017 der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Dabei wird die Einführung einer steuerlichen Forschungsförderung als Ergänzung zur Projektförderung angeregt. Diese Idee basiert auf einem Vorschlag aus dem Gutachten der EFI-Kommission.

Ziel: Steuerliche Förderung

„Deutschlands starke Stellung als Innovationsführer und Exportweltmeister ist kein Zufall. Sie ist das Ergebnis einer Politik, die unter dem Dach der Hightech-Strategie seit mehr als einem Jahrzehnt konsequent auf Forschung und Innovation setzt“, sagte Bundesforschungsministerin Johanna Wanka. „Wenn wir diese Stellung behalten und ausbauen wollen, müssen wir bereit sein, noch stärker in Forschung und Innovation zu investieren. Deshalb muss es unser Ziel sein, die Ausgaben für Forschung und Entwick-



Bild 1 **Bundesforschungsministerin Johanna Wanka plädiert für eine steuerliche Forschungsförderung.** Quelle: Andritschke

lung bis 2025 auf 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu steigern. Dabei werden auch weiterhin zwei Drittel der zusätzlichen Investitionen von der Wirtschaft kommen müssen. Dies wird nur gelingen, wenn wir mehr Unternehmen motivieren, Innovationen hervorzubringen. Dazu brauchen wir eine steuerliche Forschungsförderung neben der bewährten Projektförderung.“

Nach Aussage der Bundesregierung kann sie bei Forschung und Innovation in dieser Wahlperiode eine herausragende Bilanz vorweisen. 2015 haben Staat und Wirtschaft

erstmalig 3 % des BIP in FuE investiert. Im Ergebnis dessen soll nicht nur die Anzahl der in FuE Beschäftigten gestiegen sein. Auch beim Handel mit forschungsintensiven Waren, bei Patentanmeldungen und beim Publikationsaufkommen erreicht Deutschland international Spitzenplätze. Innerhalb der EU gehört Deutschland zur Gruppe der Innovationsführer.

Mit der Hightech-Strategie bündelt die Bundesregierung forschungs- und innovationspolitische Aktivitäten. Diese spricht alle am Innovationsgeschehen beteiligten Akteure in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen an und setzt gemeinsame Ziele. Diese konzentrieren sich auf die Entwicklung innovativer Lösungen unter Betrachtung des gesamten Innovationsprozesses von der Idee bis zum Produkt. Schwerpunkte bilden dabei große gesellschaftliche Themen, wie nachhaltige Stadtentwicklung, umweltfreundliche Energie, individualisierte Medizin oder digitale Gesellschaft. Instrumente der Innovationsförderung sind z. B. der Spitzencluster-Wettbewerb, der Forschungscampus oder die Förderinitiative KMU-innovativ.

Nico Andritschke

KONTAKT

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Kapelleufer 1 · 10179 Berlin
www.bmbf.de