

(Energetische) Flexibilitäten auf Kläranlagen – Hintergrund und Voraussetzungen für eine sinnvolle Nutzung

Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-7.5 „Lastmanagement und Interaktion mit Energienetzen“^{*)}

Zusammenfassung

Die Umsetzung der Energiewende ist charakterisiert durch die zwei Grundpfeiler „Umstieg der Energieversorgung von fossilen und atomaren Brennstoffen auf erneuerbare Energien“ sowie „Erhöhung der Energieeffizienz“. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien besteht zunehmend eine Diskussion zur Sicherstellung der Netzstabilität, da die Stromerzeugung stark fluktuierend ist. Somit gewinnen Flexibilitätstechnologien an Bedeutung. Kläranlagen sind häufig lokale Großenergieverbraucher und aufgrund ihrer Betriebsweise auf Belastungsschwankungen ausgelegt und müssen entsprechende Flexibilitäten vorhalten. Die DWA-Arbeitsgruppe KEK-7.5 „Lastmanagement und Interaktion mit Energienetzen“ beschreibt energetische Flexibilitäten auf Kläranlagen und stellt Hintergründe und Voraussetzungen für eine sinnvolle Nutzung zusammen.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Energie, Energiewende, Lastmanagement, Netzstabilität, Flexibilität, Optimierung

DOI: 10.3242/kae2019.10.004

Abstract

(Energy) flexibility at wastewater treatment plants – Background and precondition for expedient use

Two cornerstones shape implementation of Germany's energy transition: Switching energy supply from fossil and atomic fuels to renewable sources and increasing energy efficiency. The expansion of renewables is increasingly connected to a discussion about ensuring grid stability as power generation fluctuates widely. Flexibility technologies are becoming more and more important as a result. Wastewater treatment plants, frequently local major consumers of energy, are designed to handle load fluctuations because of the way they operate so they have to retain flexibility here. DWA working group KEK-7.5 'Load management and interaction with energy grids' describes energy flexibility at wastewater treatment plants and assembles information about the backdrop and prerequisites for expedient use.

Key words: wastewater treatment, municipal, energy, energy transition, load management, grid stability, flexibility, optimisation

1 Einleitung

Im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft hat der Umgang mit Energie sukzessive an Bedeutung gewonnen. Ein wichtiger Baustein zum systematischen Vorgehen war die Entwicklung von Energieanalysen, die in diversen Leitfäden und Handbüchern bis hin zur Aufnahme in das Regelwerk der DWA (DWA A-216 [1]) erweiterte Informationen und Handlungsmöglichkeiten lieferten. Die Anwendung in der Praxis zeigt, dass allein durch eine Erfassung eines Ist-Zustands und durch Vergleich/Bewertung mit Kennzahlen energetische Optimierungen möglich sind. Dabei interagieren verfahrenstechnische und energie-

tische Optimierungen oftmals untereinander. Grundsätzlich basiert zurzeit die Energieanalyse auf einer statischen Systembeurteilung mittels Jahres(mittel)werten.

Die konventionelle Abwasserbehandlungsanlage ist geprägt von Schwankungen der Zulaufwassermenge bzw. -fracht und ist entsprechend hierauf dimensioniert. Einhergehend mit der zu behandelnden Abwassermenge korreliert – mehr oder minder – auch der hierfür notwendige Strombedarf. Durch den Betrieb einer Faulung wird durch die Nutzung des Faulgases Strom und Wärme produziert, womit ein gewisser Eigenversor-

^{*)} Mitglieder und Gäste der DWA-Arbeitsgruppe KEK-7.5 sind: Prof. Dr.-Ing. Christian Schaum (Neubiberg, Sprecher), Dipl.-Ing. (FH) Arthur Dornburg (Berg), Dr.-Ing. Martin Brockmann (Bremen), Dr.-Ing. Torsten Frehmann (Essen), Dipl.-Ing. Lüder Garleff (Hamburg), Magdalena Gierke, M. Sc. (Berlin), Philipp Gack, M. Sc. (Pforzheim), Rechtsanwalt Markus Heinrich (Hamm), Dipl.-Ing. Andreas Höhle (Schwerte), Christian Hubert, M. Sc. (Neubiberg), Dipl.-Ing. Wolfgang John (Darmstadt), Dipl.-Ing. Simone Kraus (Köln), Dipl.-Ing. Robert Lutze (Roßdorf), Dipl.-Ing. Martin Mergelmeyer (Worpswede), Dipl.-Ing. (FH) Rüdiger Meß (Bremen), Dipl.-Ing. Nikolas Rommeiß (Stuttgart), Dipl.-Ing. (FH) Dirk Salomon (Wuppertal), Dipl.-Ing. Michael Schäfer (Kaiserslautern), Bettina Steiniger, M. Sc. (Neubiberg). – Kontakt in der DWA-Bundesgeschäftsstelle: Dipl.-Ing. Reinhard Reifenstuhl, E-Mail: reifenstuhl@dwa.de

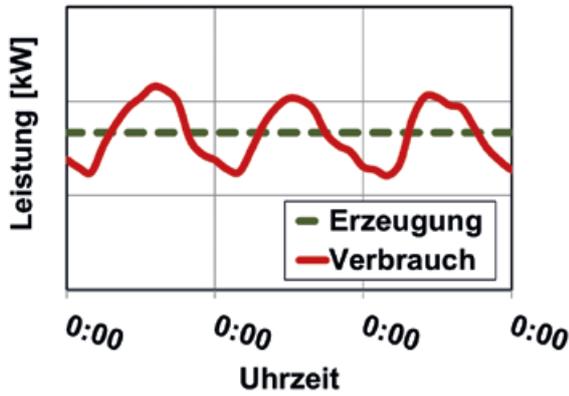


Abb. 1: Exemplarischer Stromverbrauch und -erzeugung im Tagesgang bei gleichbleibenden Zulaufbedingungen (Trockenwetter) einer konventionellen, kommunalen Abwasserbehandlungsanlage

grad erzielt werden kann. Durch einen oftmals konservativen Betrieb der Blockheizkraftwerke wird dabei vor allem eine Grundlast für Strom bereitgestellt (Abbildung 1).

Die Umsetzung der Energiewende ist charakterisiert durch die zwei Grundpfeiler „Umstieg der Energieversorgung von fossilen und atomaren Brennstoffen auf erneuerbare Energien“ so-

wie „Erhöhung der Energieeffizienz“. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energie besteht zunehmend eine Diskussion zur Sicherstellung der Netzstabilität, da die Stromerzeugung stark fluktuierend ist (Sonne, Wind). Somit gewinnen Flexibilitätstechnologien wie planbare und flexibel einsetzbare Stromerzeugungsanlagen, Energiespeicher, Lastmanagement, Umwandlung von überschüssigem Strom („Power-to-Gas/Heat/Chemicals“) etc. an Bedeutung. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass ein Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -verbrauch auf lokaler Ebene zunehmend wichtig wird.

Kläranlagen sind häufig lokale Großenergieverbraucher und aufgrund ihrer Betriebsweise ohnehin auf Belastungsschwankungen ausgelegt und müssen entsprechende Flexibilität vorhalten. Des Weiteren bieten sie günstige Randbedingungen, neben der Faulgasverstromung mittels Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK), erneuerbaren Strom über Windkraft oder Photovoltaik zu erzeugen und zu nutzen.

Für Betreiber von Kläranlagen ergeben sich hieraus unterschiedliche Motivationen sich mit dem Thema näher auseinanderzusetzen:

- Beitrag der Kläranlage zur Energiewende, vgl. [2]
- verfahrenstechnische Optimierung des Anlagenbetriebs
- betriebswirtschaftliche Optimierung des Anlagenbetriebs.

2 Definitionen und Begriffsbestimmungen

Begriff	Kurzerläuterung	Literatur
Flexibilität	die Fähigkeit einer technischen Anlage, ihre elektrische Leistungsaufnahme oder -abgabe aufgrund eines externen Signals kurzfristig für einen begrenzten Zeitraum anzupassen	[3]
Flexibilitätsbausteine	Aggregatgruppe/Technologie, die zur Bereitstellung von Flexibilität geeignet ist	allgemein: [3, 4]
KWK-Anlagen	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer und thermischer Nutzenergie aus anderen Energieformen mittels eines thermodynamischen Prozesses in einer technischen Anlage	[5]
Regelleistung	Energie, die für den kurzfristigen Ausgleich von Schwankungen in Erzeugung und Verbrauch von Strom bereitgehalten wird, damit zu jedem Zeitpunkt exakt so viel Strom ins Netz eingespeist, wie verbraucht wird. Regelleistung wird an den Regelleistungsmärkten der Strombörse gehandelt und existiert in drei Arten:	[6]
● Primärregelleistung	die vorgehaltene Leistung, die innerhalb von 30 s und mindestens 15 min verfügbar sein muss, um zum Beispiel ungeplante Kraftwerksausfälle auszugleichen	[7]
● Sekundärregelleistung	Bereitstellung von Stromerzeugungsleistung, die innerhalb von 5 min vollständig abgerufen werden kann. Im Unterschied zur Primärregelleistung, wird die Sekundärregelleistung nicht durch das europäische Verbundnetz, sondern vom jeweiligen nationalen Übertragungsnetzbetreiber bereitgestellt	[8]
● Minutenreserveleistung	bei der Minutenreserve handelt sich um eine vorgehaltene Leistung, die die Sekundärregelleistung ablöst und die innerhalb von 15 min zur Verfügung stehen muss	[9]
systemdienlicher Einsatz	umfasst die Bereitstellung von Regelleistung als Systemdienstleistung zur Frequenzhaltung im Verbundnetz	[10]
atypische Netznutzung	liegt vor, wenn die Spitzenlast eines Endverbrauchers in lastschwache Nebenzeiten verlagert wird	Stromnetzentgeltverordnung
marktdienlicher Einsatz	Kosten- und Erläsoptimierung durch zum Beispiel Stromhandel, dynamische Stromtarife etc.	[11]
netzdienlicher Einsatz	lokales Netzkapazitätsmanagement (Spannungshaltung, Frequenzhaltung, thermische Betriebsmittelauslastung)	[12]

Tabelle 1: Begriffe, Kurzerläuterungen sowie weiterführende Literatur zu ausgewählten Fachbegriffen in Bezug zur Interaktion mit Energienetzen

3 Energetische Flexibilität auf Kläranlagen und deren Bewirtschaftung

3.1 Betriebsstrategien

Grundsätzlich können folgende Betriebsstrategien unterschieden werden:

- Betriebliches Lastmanagementsystem

Das Lastmanagement ist in der Lage, die Einsatzzeiten energieintensiver Prozesse zu verschieben, um zu vermeiden, dass diese gleichzeitig betrieben werden oder die Einschaltspitzen zusammenfallen. Beim Strombezug sollten kurzfristige einmalige Lastspitzen vermieden werden (Peak Shaving), um die höchste bezogene Leistung und damit die Leistungspreiskosten zu reduzieren. Die Kappung der Leistungsspitze kann durch Drosselung von Prozessen oder durch das Zuschalten selbsterzeugten Stroms erfolgen. In jedem Fall sind die Einführung und der Betrieb eines Lastmanagements in Eigenleistung möglich. Es muss technisch keine Interaktion mit einem Dritten stattfinden.

den. Die Wirtschaftlichkeit ist bei einer Bezugslast ab etwa 500 kW gegeben [13], aber je nach Aufwand bereits bei kleineren Lasten möglich.

Weiterhin ist nach § 19 Absatz 2 Satz 1 Stromnetzentgeltverordnung der Netzbetreiber verpflichtet, Netznutzern ein individuelles Netzentgelt anzubieten, wenn diese das Netz „atypisch“ belasten. Das bedeutet, dass Netzentgelte reduziert werden können, indem Netznutzer ihre Lastspitzen nur außerhalb der vom Netzbetreiber vorgegebenen Hochlastzeitfenster verursachen. Ist eine Kläranlage für die Inanspruchnahme der atypischen Netznutzung geeignet, kann das Lastmanagement jährlich auf die Anpassung an die neuen, gültigen Hochlastzeitfenster beschränkt werden. Dies erhöht die Einsparung und reduziert die betrieblichen Eingriffe.

- Überbetriebliches Lastmanagement

Ist ein automatisiertes Spitzenlastmanagement installiert, kann eine Erweiterung des innerbetrieblichen Lastmanagements in Betracht gezogen werden. Das Ziel ist dann nicht nur, Energiekosten zu sparen, sondern gegebenenfalls Erlöse auf dem Ener-

giemarkt zu erwirtschaften (zum Beispiel mit der Bereitstellung von Regelleistung). In diesem Fall findet der Zugriff eines Dritten (in der Regel Direktvermarkter) unter vertraglich vereinbarten Bedingungen im Rahmen einer sicheren Verbindung auf den Anschlusspunkt der Kläranlage oder auf einzelne Aggregate der Kläranlage statt.

Systemdienlicher Einsatz (Regelleistung)

Regelleistung dient der Stabilisierung der Stromnetze und kann positiv (Stützung durch mehr Stromverbleib im Netz) wie negativ (Stützung durch Stromentnahme aus dem Netz) sein, vgl. Tabelle 1. Mit der Teilnahme am Regelleistungsmarkt wird im Normalfall ein Dienstleister beauftragt, der mehrere Anlagen in einem virtuellen Kraftwerk zusammenfasst, anbietet und koordiniert (Pooling). Daraus folgt, dass Anlagen, die auf diesem Weg genutzt werden sollen, in der Lage sein müssen, auf externe Anforderung hin zum Teil sehr schnell zu reagieren.

Marktdienlicher Einsatz

Der marktdienliche Einsatz umfasst unter anderem die Nutzung der schwankenden Börsen-Strompreise. Dazu erhält der Stromlieferant die Möglichkeit, den Verbrauch bzw. die Erzeugung einer Anlage zu beeinflussen. Er kann damit zum Beispiel für einen besseren Ausgleich innerhalb seines Bilanzkreises sorgen oder den Strombezug eines Kunden hin zu Zeiten mit niedrigen Börsenpreisen oder die Stromerzeugung hin zu Zeiten mit hohen Börsenpreisen verschieben und auf diese Weise einen finanziellen Vorteil erzielen. Dies kann untertags (Intraday-Handel) oder für den folgenden Tag geschehen (Day-Ahead-Handel). Die Erlöse des Anlagenbetreibers hängen von der jeweiligen Vertragsgestaltung ab.

Netzdienlicher Einsatz

Der netzdienliche Einsatz bietet derzeit keinen aktiven Markt, zudem sind keine Marktregularien definiert. Dies umfasst hauptsächlich die Nutzung von Flexibilität im Verteilnetz. Somit können zum Beispiel Kosten für den Netzausbau eingespart werden oder die Betriebsmittelbelastung durch intelligente Steuerung von flexiblen Anlagen reduziert werden. Kläranlagen können dabei im Verteilnetz positiv wirken und einen Netzausbau zumindest reduzieren, vgl. [12].

3.2 Flexibilitätsbausteine

Unter Flexibilitätsbausteinen werden Technologien und/oder Aggregate zur Bereitstellung von Flexibilität verstanden. Diese bestehen grundsätzlich aus Stromerzeugungsaggregaten, vor allem Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie Netzersatzanlagen (NEA) und den Stromverbrauchern im Abwasserbehandlungsbetrieb und der Klärschlammbehandlung. Zukünftig können und werden diese durch weitere innovative Technologien, zum Beispiel Power-to-Gas und flexible Energiespeicher ergänzt, die vielfach Synergien auf der Kläranlage schaffen und ein ganzheitliches Energiemanagement auf Kläranlagen unterstützen.

Die zentrale Einheit zur Flexibilitätsnutzung stellen derzeit Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung zur Faulgasverstromung mit ihren entsprechenden Gasspeichern dar. Die hierbei über-

	potenzielle Kosten	potenzielle Erlöse
Lastmanagement	<ul style="list-style-type: none"> ● Visualisieren des Lastgangs im Prozessleitsystem (PLS) ● gegebenenfalls Aufschalten von Ist-Leistung der relevanten Aggregate im Prozessleitsystem ● gegebenenfalls Automatisieren von Schaltvorgängen ● Programmieren von Schaltvorgängen in einzelnen Steuerungen und im Prozessleitsystem oder in einem separaten Energiemonitoring oder einer Energiemanagementsoftware 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduzieren der leistungsabhängigen Netzentgelte (Leistungspreis) ● gegebenenfalls Reduzieren der individuellen Netzentgelte (atypische Netznutzung) ● gegebenenfalls Reduzieren von Schaltvorgängen und reduzierte Instandhaltungskosten (optimierte Fahrweise) ● gegebenenfalls verfahrenstechnische Optimierung (zum Beispiel reduzierte Belüftungskosten durch optimierte Einstellungen)
Regelleistung	<ul style="list-style-type: none"> ● gegebenenfalls Mietkosten für Kommunikationsschnittstelle ● gegebenenfalls Kosten für Bilanzkreisverantwortlichen wegen Fahrplankorrekturen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Erlöse für Regelleistung ● Zukünftig gegebenenfalls Erlöse durch Intraday- und Day-Ahead-Vermarktung

Tabelle 2: Potenzielle Kosten und Erlöse für die Einführung eines Lastmanagements oder die Teilnahme am Regelleistungsmarkt

wiegend eingesetzten Blockheizkraftwerke sind technisch in der Lage, sowohl zum internen Lastmanagement als auch zur Bereitstellung von Flexibilitätsdienstleistungen am Energiemarkt beizutragen. Allerdings sind die technischen und energierechtlichen Randbedingungen im Detail zu erfassen. Nicht alle Motorentypen sind für einen flexiblen Betrieb geeignet, hier sind Lastaufschaltungsbedingungen und Zulassung des Betriebs im Netz des Verteilnetzbetreibers im Einzelfall zu prüfen.

Die Verfügbarkeit weiterer Energiequellen wie etwa Windkraft oder Photovoltaik versetzt Betreiber, wie zum Beispiel auf der Kläranlage Paderborn, in die Lage, speicherbare Energie für Unterdeckungszeiten vorzuhalten.

Eine weitere Option stellen reine Stromspeicher/Batterien dar. Gerade aus Gründen eines optimierten Autarkiegrades könnten diese auch in der Abwasserwirtschaft vermehrt zum Einsatz kommen, zum Beispiel derzeit auf der Kläranlage Kaiserslautern. Analog zum Faulgas erfolgt durch die Speicherung der elektrischen Energie eine Entkopplung der Erzeuger- und Verbraucherseite. Batteriespeicher sind ebenfalls für den Einsatz zur Regelleistung geeignet. Ferner ist eine Aufbereitung des Faulgases (zum Beispiel durch Methanisierung oder CO₂-Abscheidung) zur direkten Einspeisung ins Erdgasnetz möglich, das sich ebenfalls über die Implementierung eines Elektrolyseurs mit der Power-to-Gas-Technologie ergänzen und kombinieren lässt.

Unkritisch aus Sicht der Abwasserbehandlung ist die Einbindung von Netzersatzanlagen (Notstromaggregate). Gerade bei großen Anlagen verfügen diese über entsprechend große Leistungen und die Motoren sind technisch in der Lage, die Anforderungen am Energiemarkt zu erfüllen. Die Einbindung von Netzersatzanlagen in virtuelle Kraftwerke kann als Stand der Technik bezeichnet werden.

Auf der Verbraucherseite bieten sich prinzipiell energieintensive Antriebe, wie Gebläse, Rührwerke, Pumpen sowie die Aggregate zur Klärschlammmentwässerung, an. Die Anpassung der tatsächlichen Nutzung, unter Gewährleistung stabiler Prozesse und der damit verbundenen Sicherstellung der Reinigungsleistung, ist machbar, aber eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe. Fest steht, dass nicht auf jeder Anlage flexibler Betrieb zum Beispiel der Belüftung möglich, sinnvoll und praktikabel umzusetzen ist.

3.3 Aspekte zur Umsetzung von Flexibilitäten

Alle Möglichkeiten zur Nutzung von Flexibilitäts- und Lastmanagementpotenzialen dürfen zu keiner wesentlichen Störung der Betriebsabläufe führen. Damit ein sicherer Anlagenbetrieb der wasserwirtschaftlichen Anlagen gewährleistet wird, müssen vorab Randbedingungen (Leitplanken, Leistungskorridore) definiert werden, in deren Rahmen die Flexibilitäten genutzt werden dürfen.

Technische Aspekte

Um das technische Potenzial für eine Flexibilisierung des Strombezugs abzuschätzen, ist eine Bestandsaufnahme sowohl bei Verbrauchs- als auch Erzeugungsaggregaten erforderlich:

- Welche Aggregateleistungen sind installiert und verfügbar? Welche Redundanzen sind enthalten? Was davon ist als Flexibilität zur Vermarktung geeignet?
- Wie flexibel sind Aggregate bzw. Prozesse regelbar (Regelbereiche, Zeiten)
- Wo sind Speicher im Prozess vorhanden? Dabei können Speicherpotenziale aller Art einbezogen werden, wie zum Beispiel Stauraumvolumina von Netzen oder Becken, Wärmespeicherfähigkeit von Faulbehältern, Substrat-/Gasspeicher, Schlamm Spiegel in Nachklärbecken etc.
- Festlegung der Flexibilitäts-Randbedingungen für die drei Komponenten Erzeuger, Verbraucher und Speicher, beispielsweise technische Ober- und Untergrenze [kW, elektr.], Arbeitspunkt [kW, elektr.], min./max. Abrufdauer, An-/Abfahrtschwindigkeit, Leistungsänderungsgradient, Verfügbarkeit, Priorität des Aggregats etc.

Erste Hinweise auf ein vorhandenes Potenzial können sich aus einer Energieanalyse ergeben. Über eine verfahrenstechnische (dynamische) Simulation können Prozessauswirkungen vorab bewertet werden. Auch ein vorhandenes Notstromkonzept für den jeweiligen Standort kann Flexibilitäten aufzeigen, da dort der Mindestverbrauch definiert wird.

Betreiber virtueller Kraftwerke wünschen in der Regel einen Zugriff auf die Anlagen, zum Teil direkt auf die einzelnen Ma-

schinen. Diese mögliche Beeinträchtigung des Betriebs durch Dritte sind viele Betreiber nicht bereit einzugehen. Technisch ausreichend wäre ein Zugriff an der Schnittstelle der Bilanzkreise, in der Regel also an der Haupteinspeisung. Was auf dem Areal der Kläranlage geschieht, ist aus Netzsicht irrelevant, sofern die Anforderungen der Abfragen eingehalten werden. Mit welchem einzelnen Aggregat die Anforderung erfüllt wird, ist Aufgabe der Leittechnik, die Flexibilitätsbausteine zu „Regelgruppen“ zusammenfassen kann.

Wirtschaftliche Aspekte

Für die Nutzung von Flexibilitäts- und Lastmanagementpotenzialen sind in der Regel einige technische Vorkehrungen zu treffen, die je nach Automatisierungsgrad der Kläranlage unterschiedlich aufwendig sein können, vgl. Tabelle 2. Speziell für die Teilnahme am Regelleistungsmarkt müssen, je nach Anbieter unterschiedlich, zum Beispiel Kommunikationsschnittstellen angemietet werden oder es fallen Vergütungen für den Bilanzkreisverantwortlichen für die Änderung der Fahrpläne und Kosten für die Leistungsabrufe an. Auf der Einnahmeseite können durch ein betriebliches Lastmanagement Aufwendungen durch die Reduzierung von Lastspitzen und Netzentgelte reduziert werden. So kann beispielsweise eine Anlage bei Berlin mit ca. 330 000 kW durch eine Reduzierung der Lastspitze

um ca. 300 kW und der Inanspruchnahme der individuellen Netzentgelte bis zu 30 000 €/a sparen.

Durch eine Teilnahme am Regelleistungsmarkt können (theoretisch) Einnahmen erzielt werden. Die Erlöse sind abhängig von der Höhe der vermarkteten Leistung, aber insbesondere von der Zuschlagfähigkeit der angebotenen Leistung. Hier hat es in den letzten Jahren immer wieder deutliche Veränderungen bei den Ausschreiberegularien und am Markt gegeben. Während in der Vergangenheit mit überschaubarem Aufwand Erlöse von einigen 10 000 €/a erzielbar waren, stellt sich die aktuelle Situation (Stand: Sommer 2019) so dar, dass im Bereich der Sekundär- und Minutenreserveleistung keine oder nur geringfügige Erlöse zu erzielen sind. Die Entwicklung im Bereich der Primärregelleistung ist aktuell uneinheitlich. Erfahrungen an der Teilnahme am Regelleistungsmarkt konnten mittlerweile einige Betreiber von Kläranlagen sammeln, unter anderem in Bremen, Darmstadt, Dresden oder Kaiserlautern.

Rechtliche Aspekte

Der Einsatz innovativer Lastmanagementsysteme wirft eine Vielzahl teils ungeklärter Rechtsfragen auf. Dies liegt vor allem an der Aktualität der Entwicklungen, auf die der Gesetzgeber und die Rechtsprechung noch nicht reagieren konnten. Bei der Bestimmung eines rechtlichen Rahmens sind insbesondere Re-

gelungen aus dem allgemeinen Vertragsrecht, IT-Sicherheitsrecht sowie Energie- und Wasserrecht relevant.

Gemäß § 3 der „KRITIS-Verordnung“ gelten Abwasserbehandlungsanlagen als kritische Infrastrukturen, sodass bei der Anlagensteuerung sowohl das IT-Sicherheitsgesetz als auch der branchenspezifische Sicherheitsstandard der DWA (DWA-M 1060/B3S) [14] zu berücksichtigen sind. Von hoher Bedeutung ist zudem der ordnungsgemäße Messstellenbetrieb nach dem Messstellenbetriebsgesetz.

Eine weitere rechtliche Herausforderung stellt die Vertragsgestaltung dar. Hier gilt es, die jeweiligen Vertragsbeziehungen zu durchdenken und mögliche Haftungsrisiken abzufedern. Relevant sind in diesem Bereich vor allem Regelungen zur Gewährleistung, zum Schadensersatz und zu etwaigen Haftungsbegrenzungen. Auch müssen Risiken mit Blick auf die Netzentgelte, die aus möglichen Lastspitzen entstehen können, abgedeckt werden. Daher ist auch eine weitere Flexibilisierung der entsprechenden gesetzlichen Regelungen, insbesondere aus der Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV), wünschenswert. Einen „Schritt in die richtige Richtung“, den es durch die Betreiber zu nutzen gilt, ist die durch das Netzentgeltmodernisierungsgesetz (NEMoG) eingeführte Möglichkeit zur Vereinbarung individueller Netzentgelte durch Realisierung atypischer Netznutzung gemäß § 19 Abs. 2 S. 1 StromNEV.

Daneben spielen für die Betreiber wasserwirtschaftlicher Anlagen Aspekte des Kommunalrechts, des Gebühren- und Umsatzsteuerrechts sowie des Abwasserrechts eine maßgebliche Rolle. Anders als das Energierecht betreffen diese vor allem die Frage, ob und in welcher Form eine energiewirtschaftliche Betätigung im Zusammenhang zum Beispiel mit der Abwasserbeseitigung zulässig ist.

Übertragungsnetzbetreiber sind indes gemäß Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) dazu verpflichtet, netzbezogene Anpassungsmaßnahmen zur rechtzeitigen Vermeidung bzw. Behebung einer Gefährdung oder Störung des Verteilnetzes vorzunehmen. Hier liegt die Verantwortung in erster Linie beim Gesetzgeber, auf aktuelle technische und wirtschaftliche Entwicklungen zu reagieren, um so künftig eine klare Rechtslage für innovative Ideen wie den nachhaltigen Einsatz von überbetrieblichen Lastenmanagementsystemen zu schaffen.

3.4 Industrieabwasserbehandlung

Wesentliche Einflüsse bewirken auch die industriellen Indirekt-einleiter, wobei typischerweise die eingeleiteten Frachten gegenüber der Hydraulik deutlich überwiegen. Für energetische Betrachtungen sind Betriebe der Lebensmittelindustrie (Molkereien, Fleischverarbeitung etc.) interessant, da sie feststoffgebundenen CSB und teilweise auch hohe Nährstoffgehalte ableiten. Die Bewirtschaftung dieser industriellen Einleitungen in Speicherbecken, möglicherweise schon am Standort des Industriebetriebs, kann für den Betrieb der Kläranlage Vorteile bieten. Beispielsweise kann mit einem ausreichend großen Zwischenspeicher, der nach den Anforderungen der Kläranlage betrieben wird, der industrielle Zulauf verstärkt in schwach belasteten Stunden mit günstigen Tarifen erfolgen. Wenn die Randbedingungen es erlauben, könnten auch weitere Maßnahmen getroffen werden, zum Beispiel die Bestimmung von Zeiträumen, die günstig sind für die Einleitung organischer Frachten gegenüber Strömen mit hohen Nährstoffgehalten.

Die Einsparungen ergeben sich bezogen auf den Energieverbrauch nicht unbedingt, durch die zeitlichen Anpassungen aber in jedem Fall für den Energiepreis. Dieser Vorteil, resultierend aus der engen Zusammenarbeit mit industriellen Einleitern, könnte durch den Bau von Speichern höher ausfallen. Überlegenswert ist dann, wenn eine zusätzliche Investition durch den Industriebetrieb getätigt wird, dass ein anteiliger Rückfluss eingesparter Energiekosten an den Industriebetrieb ermöglicht wird. Hier könnte die Satzung eventuell um das Werkzeug einer „Bewirtschaftungszulage“ ergänzt werden, um die dann die Einleitungsgebühr reduziert werden kann.

4 Herausforderungen und Chancen für Betreiber von Kläranlagen

4.1 Beitrag der Kläranlage zur Energiewende

Wasserwirtschaftliche Anlagen können Flexibilität im Rahmen unterschiedlicher Konzepte bereitstellen. Das ökologische Potenzial einer Flexibilisierung liegt vor allem in einer besseren Ausnutzung eines volatilen regenerativen Energieangebots. In der Regel wird mit der Flexibilisierung weder eine höhere Energieeffizienz noch ein reduzierter Verbrauch verbunden sein. Umgekehrt besteht sogar eher die Möglichkeit, dass ein auf Energieverbrauch optimierter Prozess durch schnelle Regelvorgänge gestört wird und der Verbrauch dadurch tendenziell ansteigt. Dennoch kann auch darin ein ökologischer Vorteil liegen, wenn insgesamt der Anteil an erneuerbaren Energien steigt und fossil erzeugter Strom aus dem Strommix verdrängt wird. Die Kläranlage kann dabei vor allem auf lokaler Ebene einen Beitrag zur Energiewende leisten, immer unter der Voraussetzung, der Einhaltung aller Anforderungen an die Abwasserbehandlung.

4.2 Bewertung der rechtlichen Randbedingungen

Der rechtliche Rahmen für den Betrieb dezentraler Stromerzeugungs- sowie Speicheranlagen ist derzeit häufigen situativen Anpassungen unterworfen, wenig einheitlich und kompliziert. Vornehmlich gilt es, den Zugang zu Regelleistungsmärkten für dezentrale Flexibilitätsanbieter zu verbessern. Der Netzbetreiber muss rechtlich in die Lage versetzt werden, Anreize für ein netzdienliches Verhalten zu schaffen. Dies kann in Form von Zahlungen an den Netznutzer (Flexibilitätsprämien) oder temporären Vergünstigungen der Netzentgelte (spitzenentnahmeunabhängige Dynamisierung) erfolgen. Eine klare Definition und Differenzierung zwischen flexiblen und unflexiblen Netznutzern im regulatorischen Rahmen, beispielsweise im EnWG, wäre hierfür erwägenswert. Die Ausgestaltung muss in jedem Fall diskriminierungsfrei, transparent und entflechtungskonform sein und sich durch die Vielzahl dargestellter, relevanter Gesetzes- und Verordnungsvorschriften durchziehen [zum Beispiel Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), Netzentgeltmodernisierungsgesetz (NEMoG)].

4.3 Bewertung der verfahrenstechnischen Randbedingungen auf der Kläranlage

Die Identifizierung und Nutzung von Flexibilitäten wasserwirtschaftlicher Anlagen kann eine verfahrenstechnische Optimie-

zung bewirken, sowohl durch die detailliertere Analyse der Prozesse und der Ableitung von möglichen Optimierungsoptionen als auch durch die Nutzung von Speichern zur Regulierung von Abwasserströmen, so nicht allein ein energetischer Nutzen resultiert.

Wenngleich Strom im Fokus steht, gilt es, ganzheitliche Energiekonzepte zu entwickeln. Dementsprechend sind auch angepasste Wärmekonzepte notwendig. Sobald zukünftig der Strommarkt weitgehend mit erneuerbaren Energien gedeckt wird, kann gesamtheitlich betrachtet auch eine Faulgasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz ein präferierter Lösungsansatz sein.

4.4 Bewertung der betriebswirtschaftlichen Randbedingungen

Das betriebliche Lastmanagement ermöglicht die Reduzierung der Kosten durch die reduzierten Leistungskosten und gegebenenfalls die reduzierten Netzentgelte. Diese sind allerdings abhängig von der Auswertung des Netzbetreibers in Bezug auf die typische Netzbelastung.

Die aktuellen politisch/energiewirtschaftlichen Hemmnisse für den Regelleistungsmarkt führen in den meisten Fällen zu wirtschaftlich wenig attraktiven Rahmenbedingungen. Insbesondere die erhebliche Unsicherheit im Bereich des Energiepreises lässt sichere Investitionsentscheidungen kaum zu. Die Bereitstellung von Flexibilität durch den Betreiber einer wasserwirtschaftlichen Anlage geht nicht selten mit einer Erhöhung der Netznutzungsentgelte einher und kann die Erträge aus dem marktdienlichen Verhalten der Anlage bereits durch eine Überschreitung im Jahr kompensieren.

Auch von Seiten der Bilanzkreisverantwortlichen können bei der Regelleistungsvermarktung unerwartete Kostenforderungen für die Begleitung der Vermarktung oder für die durch die Vermarktung entstandenen Kosten durch den nachträglichen Ausgleich des Bilanzkreises durch Zu-/Verkauf von Strom nach Regel- und Ausgleichsenergiepreisen entstehen. Die derzeit nur geringen Erlösmöglichkeiten im Bereich Regelleistung kompensieren diese Kosten im Normalfall nicht. Hinzu kommt, dass Regelleistungsvermarktung mit einem Verlust von Flexibilität im Anlagenbetrieb einhergehen kann, da in diesen Zeiträumen die Regelleistungsbereitstellung im Vordergrund steht. Eine Variation der Stromerzeugung, zum Beispiel wegen sich veränderndem Faulgasanfall, ist dann nur schwierig möglich.

Auf Verteilnetzebene kann der Netzbetreiber dem Betreiber der wasserwirtschaftlichen Anlage im Regelfall keine lukrative Erlösmöglichkeit für die Bereitstellung seiner netzdienlichen Flexibilität bieten, obwohl dies insbesondere im Rahmen der Energiewende ökologisch und volkswirtschaftlich sinnvoll wäre.

5 Ausblick

Die Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen haben derzeit mit der wenig attraktiven Erlössituation im Bereich der Interaktion mit den Energienetzen zu tun. Gleichwohl birgt die Auseinandersetzung vor allem auch mit den technischen Potenzialen der Flexibilität auf wasserwirtschaftlichen Anlagen Chancen. In der Analyse der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind sich die beteiligten Akteure einig, dass es erhebliche Anpassungen in unserem Energiesystem und dem regulatorischen Rahmen geben muss. Hier bietet die frühzeitige

Auseinandersetzung mit den Potenzialen, Chancen und Risiken der Flexibilität von wasserwirtschaftlichen Anlagen die Chance, das Wissen der Betreiber zu erweitern und zukünftig schnell auf sich verändernde wirtschaftliche Randbedingungen zu reagieren. Auch die Anpassung zum Beispiel der messtechnischen Infrastruktur und die daraus resultierende Transparenz werden dabei helfen. Die Auseinandersetzung mit Verfahrensabläufen und Schaltvorgängen im Prozess bietet einen Wissensvorteil für die Zukunft und bereits heute die Möglichkeit für innerbetriebliche finanzielle und technische Optimierungen. Des Weiteren können Flexibilitäten und speziell die strategische Ausstattung von Stromerzeugern auch einen Beitrag im Notstromkonzept leisten. Gerade bei zukünftigen Planungsaufgaben sollte daher das Thema der Flexibilitäten Berücksichtigung finden. In einem zweiten Arbeitsbericht sollen hierfür eine Checkliste sowie weitere Empfehlungen aus der Praxis aufgezeigt werden.

Literatur

- [1] DWA-A 216: *Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen*, Hennef, 2015
- [2] Umweltbundesamt: *Klimaschutz und Abwasserbehandlung – Sinnvolle Beiträge zur Energiewende*, Positionspapier, Dessau-Roßlau, 2018
- [3] Elsner, P.; Fishedick, M.; Sauer, D. U. (Hrsg.): *Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050. Technologien – Szenarien – Systemzusammenhänge*, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., München, 2015
- [4] Schäfer, M.; Gretzschel, O.; Schmitt, T. G.; Hobus, I.: *Flexibilitätsoptionen auf Kläranlagen*, in: Theo G. Schmitt (Hrsg.): *Kläranlagen in der Energiewende: Faulung optimieren & Flexibilität wagen*, Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, Bd. 40, TU Kaiserslautern, 2017
- [5] Schaumann, G.; Schmitz, K. W.: *Kraft-Wärme-Kopplung*, 4. Aufl., Springer, Heidelberg, 2010
- [6] Consentec GmbH: *Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt*, Studie im Auftrag der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Aachen, 2014
- [7] Verband der Netzbetreiber e.V. beim VDEW (Hrsg.): *Transmission-Code 2003, Anhang D 1. Unterlagen zur Präqualifikation für die Erbringung von Primärregelleistung für die ÜNB* (Stand August 2003), 2003
- [8] Verband der Netzbetreiber e.V. beim VDEW (Hrsg.): *Transmission-Code 2003, Anhang D 2. Teil 1 – Unterlagen zur Präqualifikation von Anbietern zur Erbringung von Sekundärregelleistung für die ÜNB* (Stand November 2009), 2009
- [9] Verband der Netzbetreiber e.V. beim VDEW (Hrsg.): *Transmission-Code 2007, Anhang D 3. Unterlagen zur Präqualifikation für die Erbringung von Minutenreserveleistung* (Stand August 2007), 2007
- [10] Verband der Netzbetreiber e.V. beim VDEW (Hrsg.): *Transmission-Code 2007 – Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber*, 2007
- [11] Graeber, D. R.: *Handel mit Strom aus erneuerbaren Energien. Kombination von Prognosen*, Dissertation, Universität Hohenheim, Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [12] Kornrumpf, T.; Zdrallek, M.: *Kläranlagen als Flexibilitätsoption im Mittelspannungsnetz*, in: Theo G. Schmitt (Hrsg.): *Kläranlagen in der Energiewende: Faulung optimieren & Flexibilität wagen*, Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, Bd. 40, TU Kaiserslautern, 2017
- [13] Energieagentur Rheinland-Pfalz: *Faktenpapier. Lastmanagement in Unternehmen, Grundlagen*, Kaiserslautern, 2015
- [14] DWA-M 1060: *IT-Sicherheit – Branchenstandard Wasser/Abwasser*, Hennef, 2017 