



**POSITION // DEZEMBER 2018**

# **Klimaschutz und Abwasserbehandlung** **Sinnvolle Beiträge zur Energiewende**

Für Mensch & Umwelt

**Umwelt **  
**Bundesamt**

# Impressum

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Fachgebiet III 2.6 Abwassertechnikforschung  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

**Autorinnen und Autoren:**

Nathan Obermaier  
Dr. Katja Purr  
Max Werlein  
Dr. Claus Gerhard Bannick

**Redaktion:**

Fachgebiet III 2.6 Abwassertechnikforschung  
Nathan Obermaier, Dr. Claus Gerhard Bannick

**Satz und Layout:**

Atelier Hauer + Dörfler GmbH, Berlin

**Publikationen als pdf:**

[www.umweltbundesamt.de/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen)

**Bildquellen:**

Shutterstock  
Unsplash

Stand: Dezember 2018

ISSN 2363-8273

**POSITION // DEZEMBER 2018**

**Klimaschutz und Abwasserbehandlung**  
Sinnvolle Beiträge zur Energiewende

## Inhalt

Ausgangslage und Motivation.....	5
1. Kläranlagen und die Dekarbonisierung des Energiesektors.....	6
2. Alternative Handlungsfelder im Elektrizitätssektor .....	7
3. Weitere Möglichkeiten im Elektrizitätssektor.....	8
4. Zusammenfassung .....	10
5. Bibliografie.....	10

## Ausgangslage und Motivation

Das Umweltbundesamt empfiehlt die flächendeckende Einführung einer weitergehenden Abwasserbehandlung für Kläranlagen mit mehr als 100.000 Einwohnerwerten, um Oberflächengewässer vor dem punktuellen Eintrag von Mikroverunreinigungen, zum Beispiel Arzneimittel zu schützen. Dadurch entstehen zusätzliche Betriebskosten, die im Rahmen der kommunalen Gebührenordnung auf die Gebührenzahler umgelegt werden müssten. Um Gebührenerhöhungen zu vermeiden, versuchen Abwasserentsorger bereits jetzt, steigende Betriebskosten durch Maßnahmen im energetischen Bereich zu kompensieren. Der Fokus liegt dabei auf einer Steigerung der Energieeffizienz unterschiedlicher Geräte (z. Bsp. Belüfter und Pumpen) und der Erhöhung der Eigenstromerzeugung. Dementsprechend sind Abwasserentsorger grundsätzlich gewillt, ihre Anlagen energetisch und somit betriebswirtschaftlich zu optimieren. Kosten für Klimaschutzmaßnahmen spielen dabei aktuell eine eher untergeordnete Rolle.

Die Veränderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen in den letzten Jahren, insbesondere die des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und die strategischen Entwicklungen im Strommarktdesign haben zur Folge, dass die inflexible Eigenstromerzeugung perspektivisch nicht mehr das optimale betriebswirtschaftliche Verhalten auf dem Strommarkt darstellt – eine Neuausrichtung ist erforderlich.

Auf der Suche nach einer zukunftsgerichteten Strategie sollten einerseits Energieeffizienzmaßnahmen weiterhin im Vordergrund stehen und andererseits eine Alternative für die inflexible Stromerzeugung aus Klärgas gefunden werden. Die Entkopplung von Energieverbrauch und -erzeugung der Kläranlage wäre dazu ein erster Schritt, um flexibel an Märkten teilzunehmen und die Bereiche der Abwasserbehandlung und Stromerzeugung getrennt voneinander zu optimieren. Im Gegensatz zu Effizienzmaßnahmen bei der Behandlung können Optimierungsmaßnahmen in der Stromerzeugung schwer zu kalkulierende, betriebswirtschaftliche Risiken mit sich bringen, die bei einer Teilnahme am wettbewerbsorientierten Energiemarkt unvermeidbar sind. Ob diese durch Kommunen übernommen werden sollen und können, ist fragwürdig.

Die Bereitstellung der erneuerbaren Ressource Klärgas durch die Kläranlagen ist zunächst ein sinnvoller Beitrag zur Energiewende. Auf der lokalen Ebene sollte im Sinne einer optimalen Nutzung dieser Ressource untersucht werden, wie man die weitere Verwendung des anfallenden Klärgases zu einem Baustein der Dekarbonisierung weiterentwickelt und somit einen sinnvollen Beitrag zum Klimaschutz liefert.

# 1. Kläranlagen und die Dekarbonisierung des Energiesektors

Die Energiewende ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit – fossile Rohstoffe stehen nicht unbegrenzt zur Verfügung und die Verbrennung dieser trägt wesentlich zum Treibhauseffekt bei. Vor dem Hintergrund ambitionierter Klimaschutzziele hält das Umweltbundesamt eine vollständige Energieversorgung durch erneuerbare Energien über alle Anwendungsbereiche hinweg (Strom, Wärme, Kraftstoffe) bis 2050 für notwendig (Purr, Strenge et al. 2014). Dieser Wandel kann nur gelingen, wenn alle Energieeffizienzpotenziale erschlossen, erneuerbare Energien und Netze ambitioniert ausgebaut und Sektorkopplungstechniken zur Dekarbonisierung von Wärme- und Kraftstoffanwendungen integriert werden.

Der Ausbau erneuerbarer Energien fokussiert vor allem auf Windenergie und Photovoltaik. Die Wasserkraft hat nur noch ein sehr geringes Ausbaupotenzial, und die energetische Nutzung von Anbaubiomasse ist aus Sicht des Umweltbundesamts insbesondere wegen Nutzungskonkurrenzen um Anbauflächen und die negativen Auswirkungen auf Wasser, Boden, Luft, Biodiversität und Naturschutz auf Dauer nicht vertretbar (vgl. Jering, Klatt et al. (2013)). Auch bei den weiteren erneuerbaren Energien wie Klärgas oder Geothermie ist derzeit nur ein geringer Ausbau zu verzeichnen.

Der Fokus liegt also auf den Schlüsseltechnologien Windenergie und Photovoltaik. Naturgemäß unterliegt die Stromerzeugung durch diese Technologien starken Schwankungen, die nicht nur tageszeitliche, sondern auch saisonale Auswirkungen haben. Um eine konstante Netzfrequenz zu gewährleisten, müssen diese Schwankungen kompensiert werden.

Netzstabilität und Versorgungssicherheit können durch flexible Stromerzeugungskapazitäten und Stromverbraucher (Lastmanagement) gewährleistet werden. Ein zunehmend flexibilisiertes Stromsystem gewinnt durch die fortschreitende Umsetzung der Energiewende und den stetig steigenden Anteil der erneuerbaren Energien zunehmend an Bedeutung.

Welche Aufgaben die Siedlungswasserwirtschaft im Stromsystem spielen kann, wurde unter anderem im Forschungsschwerpunkt Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft (ERWAS) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung erforscht (<https://bmbf.nawam-erwas.de/>). Dabei wurden insgesamt zwölf Projekte mit rund 30 Mio. Euro gefördert, darunter vier im Bereich der Abwasserentsorgung. Auch die Europäische Kommission förderte im Rahmen des Horizon 2020 Projekts PowerStep (Grant Agreement No. 641661) innovative Technologien zur Inklusion der Siedlungswasserwirtschaft in Energiesysteme.

Klärgas kann prinzipiell eine flexibel einsetzbare erneuerbare Ressource sein, die in allen Anwendungsbereichen einen Beitrag zur Energiewende leisten kann. Im Wärme- und Kältesektor sowie im Transportsektor sind Förder- und Forschungsprogramme, die mögliche Beiträge der Abwasserentsorgung untersuchen und somit die Grundlagen für zukünftige Entscheidungen liefern, besonders relevant.





## 2. Alternative Handlungsfelder im Elektrizitätssektor

Im Elektrizitätssektor zeigt sich, dass bei Kläranlagen noch deutliche, ungenutzte Potenziale von ca. 2 TWh/a bestehen (Hüesker, Charles et al. (2016), Haberkern, Maier et al. (2006)). Das gesamte energetische Potenzial (inkl. Wärme) fällt mindestens doppelt so hoch aus. Die interessante Frage ist nun, wie diese Potenziale gehoben werden können und welche Rolle volkswirtschaftliche Instrumente, wie die Förderung der erneuerbaren Energien oder hocheffizienter KWK-Anlagen spielen können. Des Weiteren ist zu analysieren, inwiefern Kläranlagen durch einen differenzierten Einsatz des Klärgases zur Transformation des Energiesektors beitragen können und sich auf Grund der derzeitigen betriebswirtschaftlichen Vorteile nicht ausschließlich auf die Stromerzeugung fokussieren.

Die Erzeugung von weiteren 2 TWh/a Grundlaststrom scheint aus systemischer Sicht mittel- und langfristig kein sinnvoller Beitrag zur Energiewende zu sein. Jedoch wäre das generierte Klärgas vielfältig einsetzbar. Abbildung 1 zeigt eine Reihe von zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten. Neben den unterschiedlichen Handlungsfeldern flexibler Stromerzeuger und –verbraucher (weitere Erläuterungen in Abschnitt 3), bieten sowohl der Wärme- als auch der Kältesektor und der Transportsektor Möglichkeiten, das Klärgas zu nutzen. Sektorunabhängig kann Klärgas zunächst aufbereitet und anschließend ins bestehende Gasnetz eingespeist werden.

Power to Gas (PtG) ist eine zentrale Technologie der Sektorkopplung und soll mit Hilfe von erneuerbarem Strom emissionsarme Energieträger bereitstellen

(vgl. Purr, Osiek et al. (2016)). Im Bereich Verkehr und Industrie ist diese Technologie eine zentrale Komponente ambitionierter Klimaschutzstrategien.

Auch wenn zahlreiche Experten konstatieren, dass PtG-Anlagen erst zwischen 2030 und 2040 wettbewerbsfähig werden, sollte diese Möglichkeit auf Grund der langen Planungshorizonte in der Abwasserentsorgung frühzeitig als eine energieeffiziente Lösung berücksichtigt werden. Die Deutsche Energie-Agentur (dena) schreibt in ihrer Roadmap Power to Gas: „Damit sich das Potenzial als Baustein für eine integrierte Energiewende entfalten kann, brauchen wir bereits heute eine energie- und industriepolitische Strategie.“ (Deutsche Energie-Agentur (2017) vgl. auch Purr, Osiek et al. (2016))

Neben einer flexibilisierten Verstromung kann durch die Einspeisung ins Gasnetz ein hochwertiger Brennstoff für alle Anwendungsbereiche bereitgestellt werden. Im Sinne des Klimaschutzes sollten sowohl Abwasserentsorger als auch die Energieunternehmen eine der beiden Möglichkeiten anstreben und die existierenden Potenziale nutzen. Diese Abkehr von der inflexiblen Stromerzeugung ermöglicht in diesem Zusammenhang auch eine weitere nicht energetische, stoffliche Nutzung des Klärgases im Rahmen der Dekarbonisierung. Welche Verwendung des Klärgases die höchsten Effizienzgewinne generiert, muss durch sektorübergreifende, gemeinsame Strategien erarbeitet werden. Nachfolgend soll exemplarisch etwas genauer auf die Möglichkeiten im Elektrizitätssektor eingegangen werden.

Abbildung 1

### Nutzungsmöglichkeiten von Klärgas in den unterschiedlichen Sektoren.



Quelle: Eigene Darstellung

### 3. Weitere Möglichkeiten im Elektrizitätssektor

Bisher ist die Erzeugung von Eigenstrom aus betriebswirtschaftlicher Sicht die attraktivste Lösung für Abwasserentsorger. Wie in Abschnitt 1 erwähnt, wird an zukünftigen, alternativen Lösungen im Stromsektor geforscht. Insbesondere der flexible Einsatz oder die Bereitstellung von Regenergie stellen bereits jetzt Möglichkeiten dar, die Anlagen systemdienlich zu nutzen. Hüesker, Charles et al. (2016) zeigen auf, dass Abwasserbehandlungsanlagen zukünftig auch netz- und marktdienlich betrieben werden können und somit eine weitere Alternative zur Bereitstellung von Regenergie bieten.

Die verschiedenen Alternativen im zukünftigen Elektrizitätsmarkt werden etwas detaillierter in Abbildung 2 dargestellt und beinhalten auch zukünftige Möglichkeiten zur betriebswirtschaftlichen Optimierung, die derzeit noch kaum genutzt werden können.

Die flexible Bereitstellung von Strom hängt auch davon ab, ob die benötigte Technik auf den Kläranlagen vorhanden ist und ob Abwasserentsor-

ger als kommunale Unternehmen unternehmerisch agieren können und sollen. Die Handlungsspielräume sind in der kommunalen Satzung verwurzelt und nicht im wirtschaftlichen Wettbewerb. In diesem Zusammenhang sollte verhindert werden, dass betriebswirtschaftliche Risiken indirekt auf Gebühren umgelegt werden. Die ggf. nicht wahrnehmbaren Aufgaben können alternativ durch entsprechende Dienstleister oder Tochterunternehmen ausgeführt werden. Insbesondere für kleine Anlagen entstehen durch Outsourcing deutliche Effizienzgewinne.

Technisch erreichen die BHKWs auf Kläranlagen bei größeren Anlagen<sup>1</sup> eine installierte Leistung von annähernd 5 MW – die Mindestangebotshöhe sowohl bei der Sekundärregelenergie als auch bei der Minutenreserve ( $\pm 1$  MW in der Primärregelenergie). Das Pooling oder die Integration in ein virtuelles Kraftwerk bietet für kleinere Anlagen die Möglichkeit, ebenfalls an diesen Märkten teilzunehmen.

Ein durch die Betreiber initiiertes Ausbau auf 5 MW zur Verfügung gestellte Regenergieleistung

<sup>1</sup> Mindestens rund 300.000 EW, je nach eingeplanter Redundanz. Beispielwerte sind: Berlin Waßmannsdorf: 1.000.000 EW Ausbaugröße, installierte Leistung 4,6 MW PElektrisch  
 München Gut Marienhof: 1.000.000 EW Ausbaugröße, installierte Leistung 4,8 MW PElektrisch  
 Bremen-Seehausen: 1.000.000 EW Ausbaugröße, installierte Leistung 1,4 MW PElektrisch  
 Bremen-Farge: 160.000 EW Ausbaugröße, installierte Leistung 360 kW PElektrisch

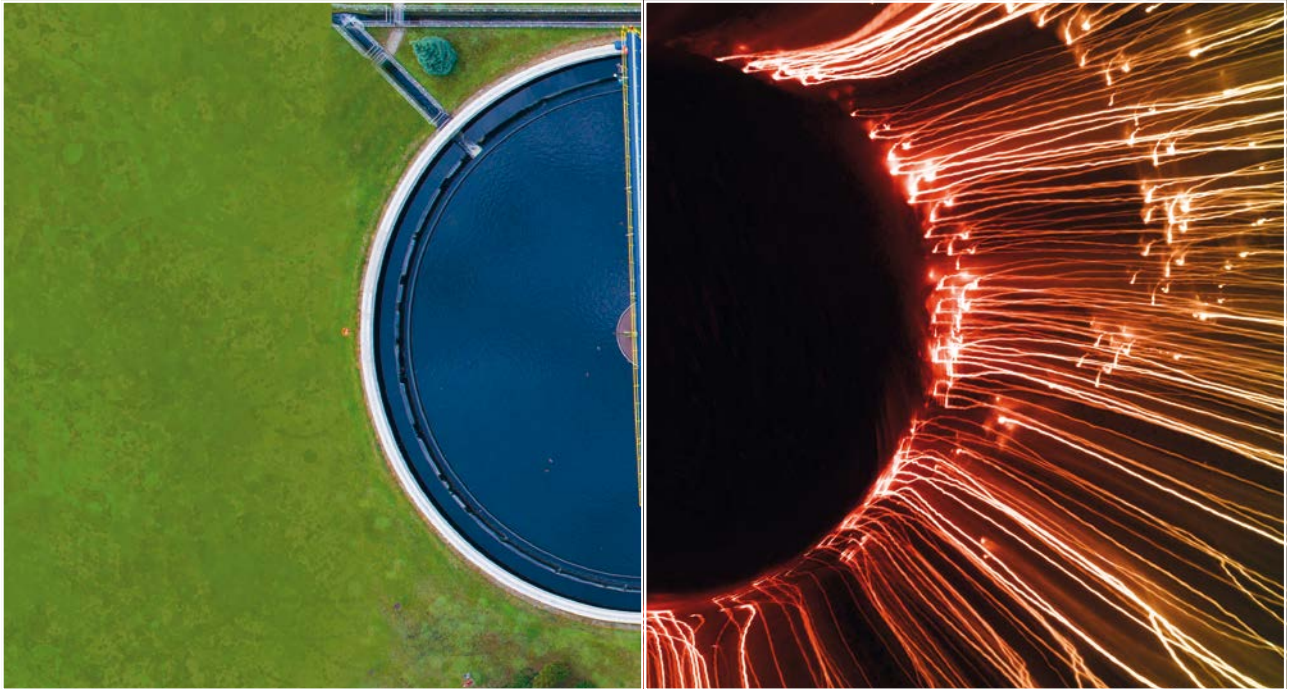
Abbildung 2

#### Mögliche Handlungsfelder des Strommarktes.



Quelle: Eigene Darstellung





erscheint unwahrscheinlich. Aus kommunaler Sicht ist diese Investition beispielsweise im Rahmen einer eigenen Versorgungsstrategie allerdings vorstellbar. Durch integrative Konzepte, wie der zusätzlichen Vergärung von Bioabfällen und der Zusammenlegung von Anlagen, könnten weitere Potenziale geschaffen werden, die zu einem Ausbau der installierten Leistung führen. Zusätzlich können Kommunen durch einen Ausbau der Klärgasproduktion ihrer Vorbildfunktion gerecht werden und durch einen effizienten Einsatz des Gases Emissionen kostengünstig einsparen.

Die bisherigen Entwicklungen haben gezeigt, dass eine reine Fokussierung der energetischen Bedürfnisse von Kläranlagen zu kurz greift und wichtige übergeordnete Strategien im Energiesektor nicht berücksichtigt werden – im Rahmen einer energetischen Neuausrichtung sollten diese also im Vordergrund stehen. Dafür müssen allerdings auch klare Entwicklungspfade vorgegeben werden, die den Anlagenbetreibern verlässliche rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen garantieren und somit eine sichere Kalkulationsbasis bieten. Mit Blick auf die Regelleistungsmärkte wurden durch die Umsetzung der Leitlinien zum Strommarkt 2.0 wichtige Schritte getan, um Flexibilisierungspotenziale stärker zu erschließen und vorhandene Eintrittsbarrieren abzubauen. Nur wenn die Lösungen, die Treibhausgasemissionen reduzieren, auch betriebswirtschaftlich sinnvoll sind, können sich diese gegenüber der konventionellen Technik durchsetzen.

## 4. Zusammenfassung

Klärgas ist eine erneuerbare Ressource, die als vielseitig einsetzbarer Energieträger zum Klimaschutz und somit zum Gelingen der Energiewende beitragen kann. Derzeit prägt vor allem die inflexible Erzeugung von Eigenstrom die Nutzung des Klärgases. Eine Entkopplung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs von Kläranlagen wäre ein erster Schritt, um diese Prozesse getrennt voneinander zu optimieren.

Neben dem Elektrizitätssektor könnte Klärgas auch im Verkehr sowie zur Wärme- und Kälteversorgung Beiträge liefern. Durch Power to Gas Anlagen und die Aufbereitung des Klärgases kann dieses im existierenden Gasnetz gespeichert werden und

anschließend optimal genutzt werden. Für diese alternative Nutzung der Ressource fehlen jedoch Strategien und stabile Entwicklungspfade.

Forschung und Politik sind aufgefordert, die technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen so weiterzuentwickeln, dass eine aus Klimaschutzgründen notwendige, energetisch effiziente und volkswirtschaftlich sinnvolle Nutzung der erneuerbaren Ressource Klärgas möglich ist und diese in den Kommunen umgesetzt wird.

## 5. Bibliografie

Deutsche Energie-Agentur (2017). „Kurzzusammenfassung: Roadmap Power to Gas.“

Haberkern, B., et al. (2006). Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen. Darmstadt [u. a.].

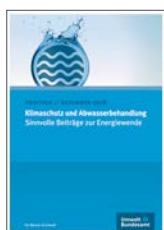
Hüesker, F., et al. (2016). „Kläranlagen als Flexibilitätsdienstleister im Energiemarkt: Zwischenergebnisse aus dem BMBF-Forschungsprojekt „arrivee“ zu Potenzialen und politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen für Anlagenbetreiber.“ KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 63(4).

Jering, A., et al. (2013). Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen: UBA-Positionspapier. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt.

Purr, K., et al. (2016). Integration of Power to Gas/ Power to Liquids into the ongoing transformation process. Dessau-Roßlau.

Purr, K., et al. (2014). Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Dessau-Roßlau.





► **Unsere Broschüren als Download**  
Kurzlink: [bit.ly/2dowYYI](https://bit.ly/2dowYYI)

 [www.facebook.com/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
 [www.twitter.com/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)  
 [www.youtube.com/user/umweltbundesamt](https://www.youtube.com/user/umweltbundesamt)  
 [www.instagram.com/umweltbundesamt/](https://www.instagram.com/umweltbundesamt/)