



1 | Die Kemptener Kläranlage ist seit 2017 eine „Plusenergieanlage“.

Potenziale der Abwasserbehandlung nutzen

# Vom Klärwerk zum Kraftwerk

Kraftwerke sind bekannt als Energielieferant, Pumpspeicherkraftwerke übernehmen zudem die Rolle als Stromspeicher. Genau diese beiden Funktionen können bei entsprechender Anlagentechnik und optimierter Betriebsführung Kläranlagen übernehmen.

Auf den ersten Blick erscheint diese Einschätzung utopisch und realitätsfremd. Kläranlagen sind oft die größten kommunalen Stromverbraucher. Wie soll aus so einem Kostenfaktor plötzlich eine profitable Infrastruktur werden? In Kempten im Allgäu entsteht gerade ein außerordentliches Pilotprojekt. Mit einer Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen der Investiven Kommunalen Klimaschutz-Modellprojekte von ca. 10 Mio. Euro werden bestehende Effizienzmaßnahmen weiter

ausgebaut bis hin zur ersten Wasserstoffproduktion im Allgäu für den regionalen ÖPNV.

## Faulgasproduktion als Basis zur Energieautarkie

In Kempten ist die Kläranlage des Abwasserverbands Kempten (AVKE) seit 2017 eine „Plusenergieanlage“. Im Rahmen der Faulgasverstromung wird mehr Strom produziert als die Abwasserbehandlung benötigt. Das ist das Resultat regionaler Beson-

derheiten wie der Landwirtschaft, aber auch einer effizienten Betriebsführung. Für diesen effizienten Anlagenbetrieb hat das Bayerische Umweltministerium den AVKE 2018 mit dem Abwasserinnovationspreis ausgezeichnet. Mit dem Preisgeld von 360.000 Euro wurde ein Schichtwärmespeicher realisiert, der im Energiekonzept weitere energetische Optimierungen ermöglicht. 2019 konnte auf Grundlage der Vorarbeit des AVKE für die Region eine vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderte Machbarkeitsstu-

die „HyAllgäu“ gewonnen werden. Und im Rahmen der Machbarkeitsstudie konnte ein Gesamtkonzept für eine regionale Wasserstoffwirtschaft im Allgäu erarbeitet werden.

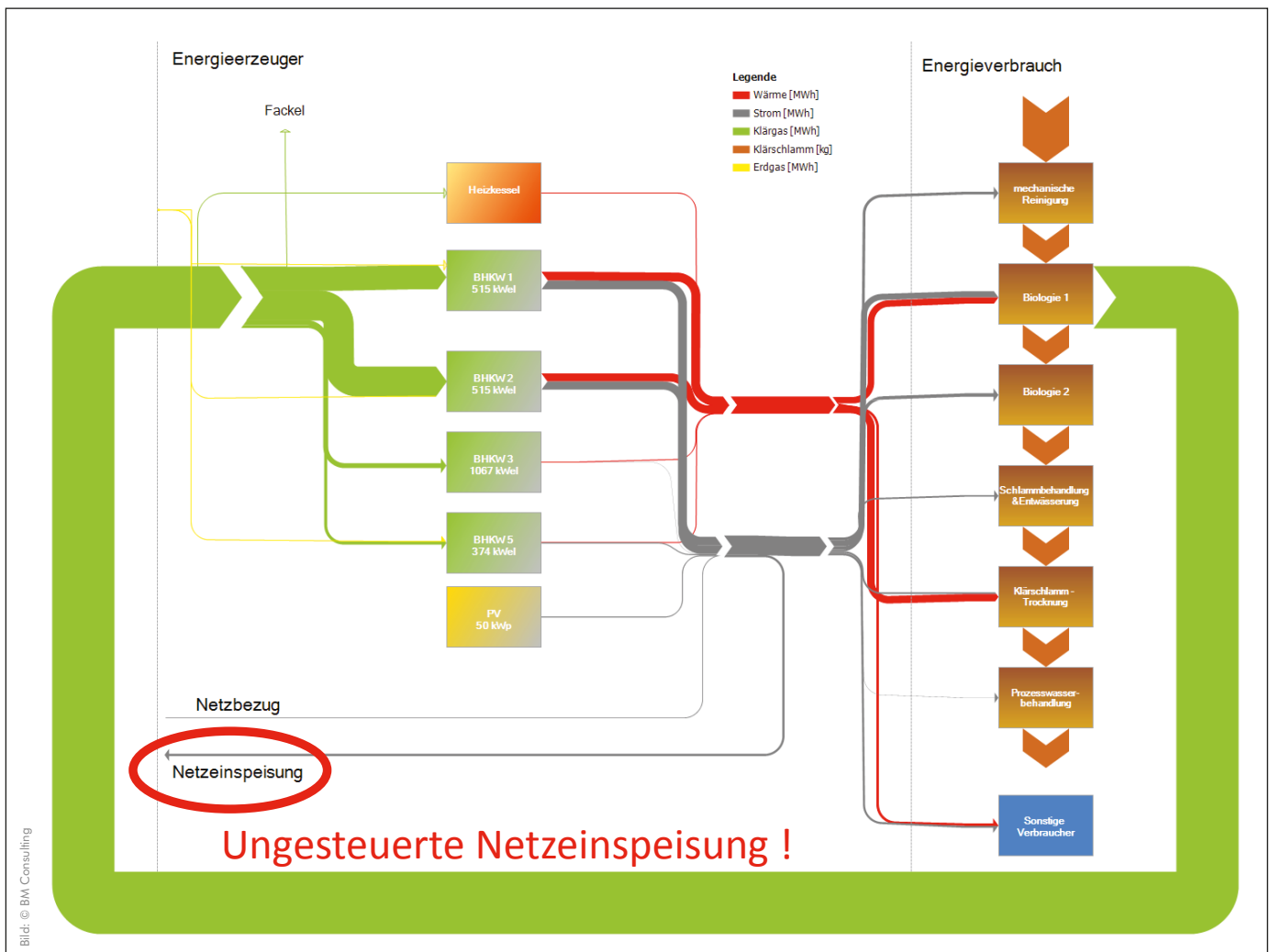
Mit oben genannter Förderung „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“ lässt sich nun u. a. auch die Produktion grünen Wasserstoffs im Allgäu starten. Neben den Teilprojekten zur Wasserstoffproduktion gibt es zukünftig Anlagen zur Gas-Separation, weitere BHKWs zur Faulgasverstromung und Stromspeicher. Voraussetzung für diesen zukunftsweisenden, innovativen Schritt ist ein signifikanter Zuwachs der Faulgasmengen. Der Gaszuwachs erfolgt neben weiterer Effizienzmaßnahmen im Betrieb aus Co-Substraten einer benachbarten Molkerei und von Schlachtabfällen sowie zusätzlichem Gas von einer benachbarten Vergärungsanlage.

### Drei Säulen der Energieverwertung

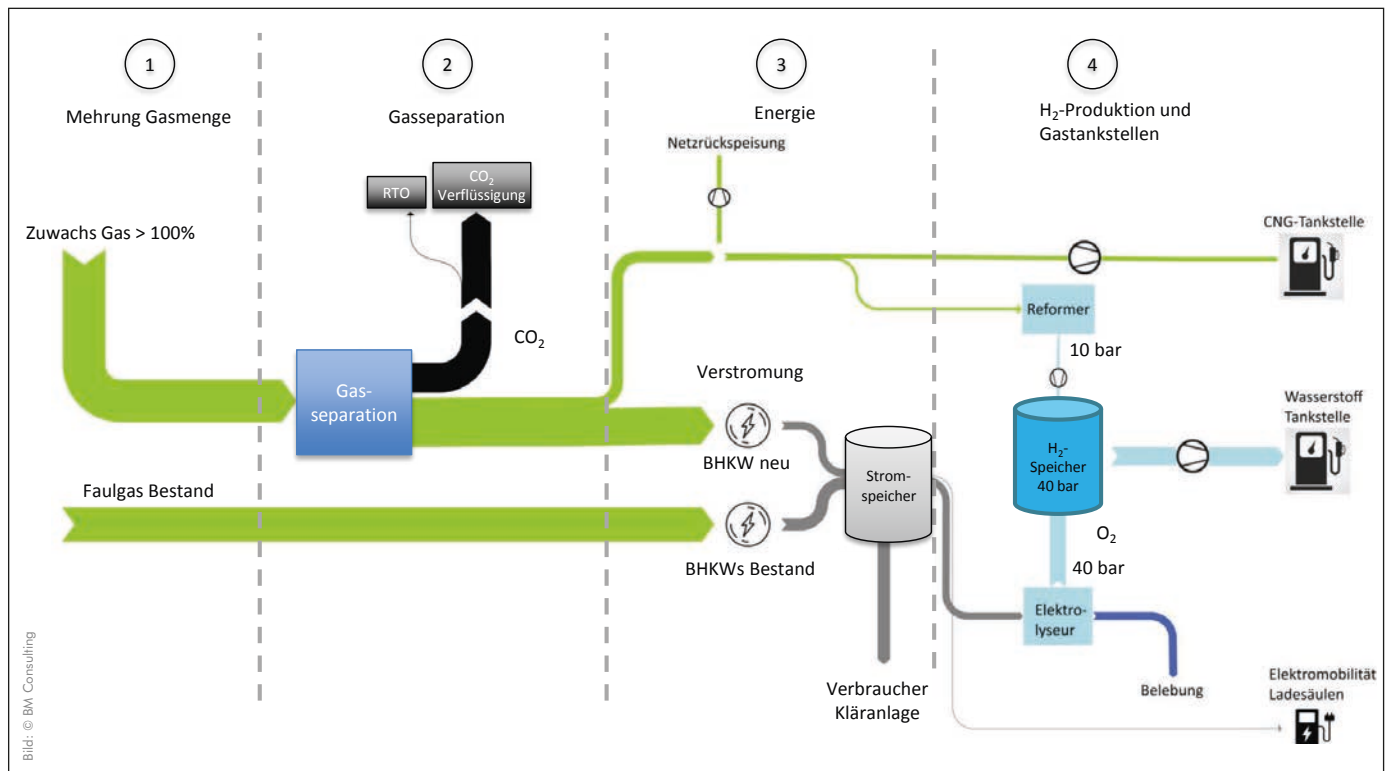
Zentraler Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“ ist die Faulgasproduktion. Wenn diese Hürde genommen ist, stehen den Anlagenbetreibern gleich drei Ausrichtungen zur Verwertung der Plusenergie zur Wahl. Als erste Option ist zunächst die klassische Klärgasverstromung zu nennen. Wenn, wie in Kempten, eine positive Strombilanz möglich ist, kann dieser Strom extern vermarktet werden. In Ausnahmefällen lässt sich auch Prozesswärme aus Nah- oder Fernwärme auskoppeln. Gerade in den künftigen kommunalen Wärmekonzepten können Kläranlagen so eine zentrale Rolle spielen. In Kempten wurde mit der zweiten Option der Einstieg in eine regionale Wasserstoffwirtschaft gewählt. Die Kläranlage ermöglicht

künftig neben der Umrüstung des eigenen Fuhrparks auch einen CO<sub>2</sub>-freien ÖPNV auf Strecken, bei denen batterieangetriebene Busse an ihre Grenzen kommen. Im Allgäu ist die Herausforderung größer als in flachen Strecken in Großstädten. Als weiterer kommunaler Einsatz von H<sub>2</sub> bietet sich die Notstromversorgung „netzferner“ Anlagen und kritischer Infrastruktur an.

Im Rahmen des Projekts hat sich eine weitere (dritte) Option aufgezeigt: Aus Veredelung des Biogases zu Biomethan, also reinem Methan (CH<sub>4</sub>) in „Erdgasqualität“, resultiert das „Abfallprodukt“ CO<sub>2</sub>. Bei den meisten Anlagen dieser Art auf Biogas- oder Kläranlagen wird das CO<sub>2</sub> als „Schwachgas“ in zusätzlichen Kesseln (RTO) verbrannt. Durch den im Rahmen der Energiekrise entstandenen Mangel, der mit deutlich höheren Preisen einhergeht, ist



2 | Energieflussdiagramm AVKE 2017 incl. Strombilanz.

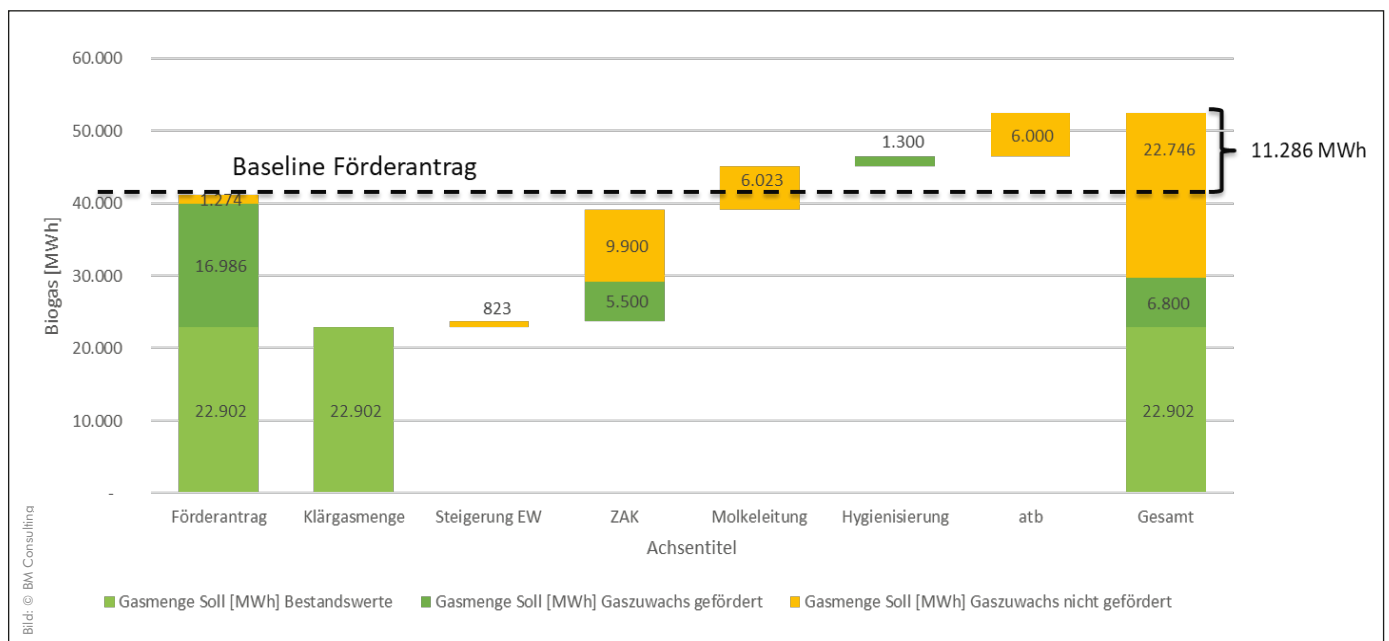


3 | Grafische Übersicht über das Gesamtprojekt „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“

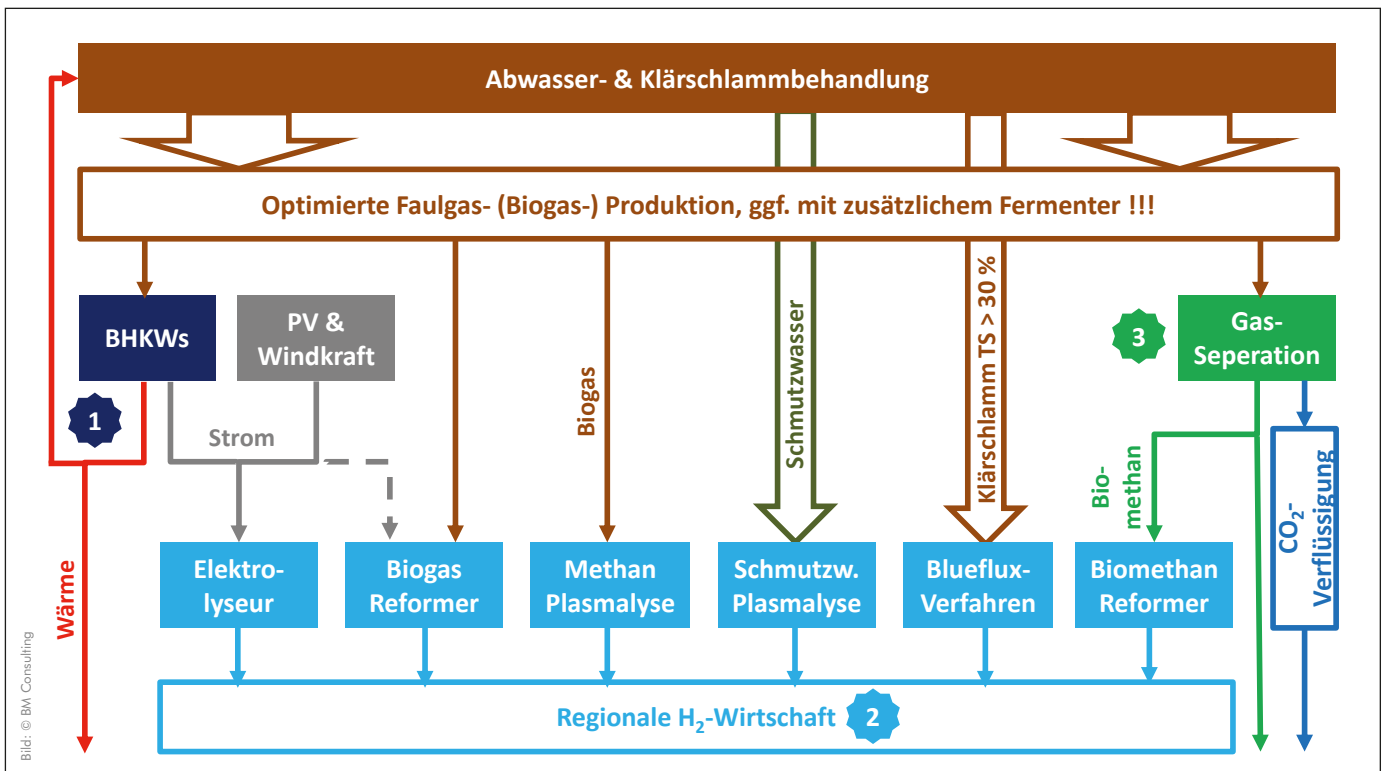
verflüssigtes CO<sub>2</sub> in reiner Qualität, z. B. für die Lebensmittelindustrie, ein begehrtes Produkt geworden. Und dank lokaler Produktionsmöglichkeiten lassen sich künftig zusätzlich die gewaltigen Transportaufwendungen vermeiden. Im Rahmen einer hohen Förderquote, wie in der oben genannt

ten Kommunalförderung, gibt es jedoch erhebliche beihilferechtliche Auflagen. Eine Vermarktung des CO<sub>2</sub> am freien Markt ist daher ebenso bedenklich wie die Vermarktung des Biomethan im Gasnetz. Bei freier Finanzierung oder beihilferechtlich unbedenklicher Förderquoten ist die

Kombination aus Biomethanproduktion und CO<sub>2</sub>-Verflüssigung jedoch eine interessante Lösung. Solche Anlagen lassen sich nicht nur in der Abwasserwirtschaft einsetzen, sondern liefern auch Biogasanlagenbetreibern und Vergärungsanlagen eine wirtschaftliche Perspektive.



4 | Erweiterte Faulgasmenngen beim AVKE



5 | Übersicht zur Verwertung von „Energieüberschüssen“ auf Kläranlagen

## Kläranlagen als Stromspeicher

Eine erfolgreiche Energiewende hängt stark von der Verfügbarkeit großer Speichervolumina ab. Je mehr volatile Energieerzeuger den Strommix dominieren, umso größer wird der Bedarf an Stromspeichern. Kläranlagen können diese Funktion als Kraftwerk zusätzlich übernehmen. Neben den Möglichkeiten eines klassischen „stationären Stromspeichers“, der beim AVKE ja integraler Bestandteil der Fördermaßnahme ist, gibt es weitere Möglichkeiten, Last- und Bedarfschwankungen auszugleichen. Zunächst sind das die klassischen Aufgaben eines professionellen Anlagenbetriebs, wie Lastmanagement und Optimierung der Spitzenlast. Überdies können die „Flexibilitätsbausteine“ einer Kläranlage netz- und marktdienlich (Regelenergiemärkte) betrieben werden. Betroffen sind dabei die BHKWs, der Stromspeicher, aber auch Lasten, wie Zentrifugen oder Ventilatoren. Je nach Anlagengröße kommt hier schnell eine Gesamtregelleistung von mehreren MW zusammen. Mehrere (Groß-)Kläranlagen könnten also die Funktion eines Pumpspeicherkraftwerks übernehmen. In Kombination mit Wasserstoff als „Langzeitspeicher“ ergeben sich zusätzliche Speicherpotenziale.

## Kläranlagen als regionale Partner für grünes H<sub>2</sub>

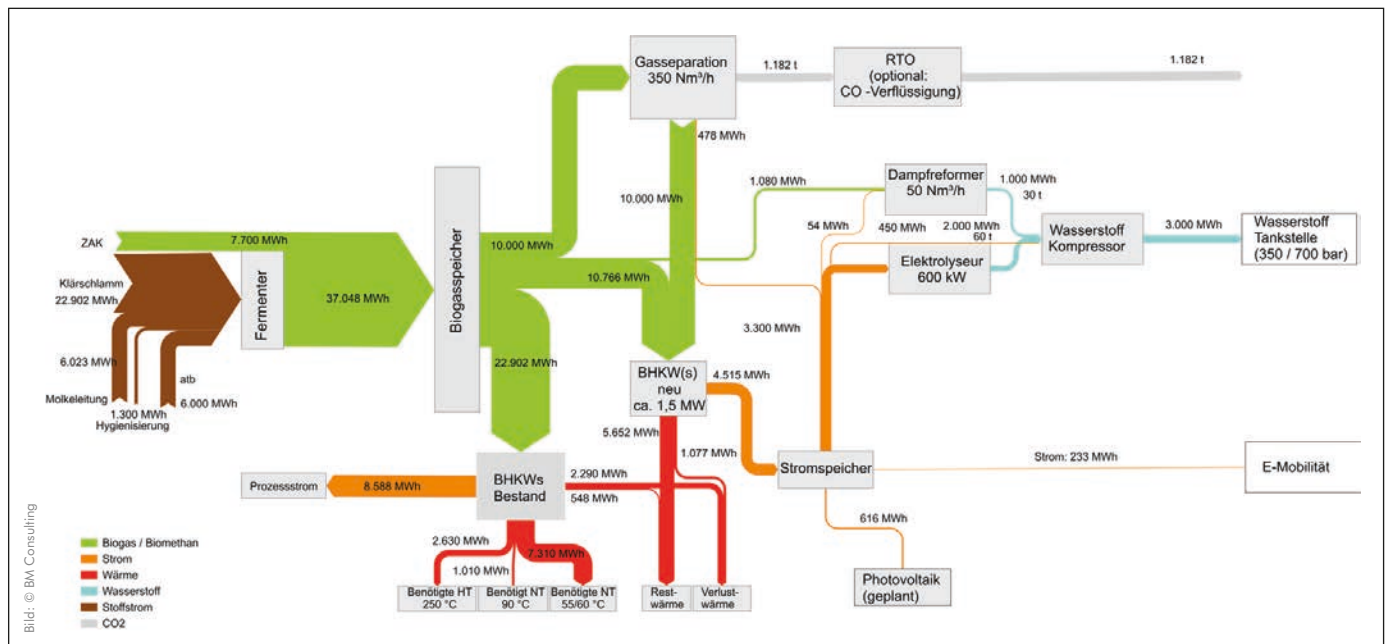
Neben Kempten befinden sich gerade an weiteren deutschen Standorten Kläranlagen-Projekte zur Produktion von Wasserstoff in der Realisierung. In der Regel erfolgt das über Elektrolyseure. Der hierfür erforderliche elektrische Strom kommt oft aus Windkraft- oder PV-Anlagen und ist somit vergleichbar mit anderen Produktionsstätten an PV- oder Wind-Parks. Die Besonderheit in Kempten ist, dass der Strom aus dem Prozess der Abwasserbehandlung kommt. Der Vorteil gegenüber PV- oder Windkraftstrom sind hohe Vollbenutzungsstunden (VBh) am Elektrolyseur, was wiederum reduzierte Gesteungskosten für grünen Wasserstoff bedeutet. Der Nachteil von Elektrolyseuren ist der hohe Strombedarf (55 kWh/kg H<sub>2</sub>). Neben den VBh und den Anlagenkosten ist das der größte Faktor bei den Gesteungskosten für grünen Wasserstoff.

Dampfreaktor haben den Vorteil, dass sie deutlich weniger Strom benötigen. Kläranlagen haben die Möglichkeit, statt der Verstromung direkt das Biogas in Dampfreaktoren zu verwerten – was, je nach

Anlagenkonzept, auf Kläranlagen schnell einen Vorteil von 1 bis 2 Euro/kg H<sub>2</sub> bedeuten kann. Nachteilig ist, dass Dampfreaktoren, die direkt mit Biogas betrieben werden, noch einen geringen technologischen Reifegrad (TRL) haben. Ungeachtet dessen wird beim AVKE, außerhalb der oben genannten Fördermaßnahme, derzeit eine solche Pilotanlage realisiert. Künftig können also in Kempten Vergleiche beider Technologien durchgeführt werden.

Ursache für die Probleme der Biogas-Reformer im Dauerbetrieb ist der noch vorhandene Kohlenstoff. Durch Biomethan-Reformer, also mit vorgeschalteter Gas-Separation, lassen sich diese Probleme vermeiden. Ob sich die Mehrkosten der Gasaufbereitung rechnen oder das Biomethan nicht mit vergleichbarem Ertrag direkt vermarktet werden kann, muss in den jeweiligen Projektierungen kritisch verglichen werden. Ausschlaggebend ist hier dann wieder der Erlös für hochreines CO<sub>2</sub>.

Eine Alternative zum Biogasreformer ist der Einsatz einer Methan-Plasmalyse der Firma Graforce aus Berlin. Nach ersten Pilotanlagen konnte das Unternehmen bereits eine erste Kundenanlage ausliefern. Auch hier



6 | Energieflussdiagramm „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“ beim AVKE

lässt sich direkt das unbehandelte Biogas verwerten. Das CO<sub>2</sub> wird durch die „Hochtemperatur-Plasmalyse“ entfernt, kann als „Nebenprodukt“ gut zusätzlich vermarktet werden und wird dauerhaft der Atmosphäre entzogen. Je nach Zusatzerlös für den Kohlenstoff ermöglicht das in diesem Fall deutlich reduzierte Entstehungskosten für grünen Wasserstoff. Interessant ist zudem, dass sich mit derselben Technologie von Graforce Gas-BHKWs, die im Rahmen der Energiewende als „Brückentechnologie“ unabdingbar sind, CO<sub>2</sub>-frei betreiben lassen.

Von Graforce gibt es, gerade für Kläranlagen ohne Energieüberschuss, eine zweite interessante Technologie zur Wasserstoffproduktion. Mit der Schmutzwasserplasmalyse (kalte Plasmalyse) kann Ammoniak direkt aus Abwasser, aber auch landwirtschaftlicher Gülle, gewonnen werden. Mit Ammoniak, das künftig auch zum Transport von Wasserstoff eingesetzt wird, kann Wasserstoff aufbereitet und gereinigt werden. Solch eine dreistufige Anlage wird schon erfolgreich auf einer Großkläranlage in Berlin betrieben.

## H<sub>2</sub> direkt aus Klärschlamm

Energieüberschüsse sind für die meisten Kläranlagen jedoch keine Selbstverständlichkeit. Ein weiteres Problem ist die Entsorgung des Klärschlammes. Die blueFLUX

Energy AG aus Peißenberg in Bayern hat ein Verfahren entwickelt, das nicht nur aus Klärschlamm grünen Wasserstoff produziert, sondern auch erheblich zur Entsorgungsproblematik beiträgt. Nach dem erfolgreichen Betrieb einer Pilotanlage auf dem Werksgelände in Peißenberg werden derzeit erste Kundenanlagen realisiert. Das Unternehmen verfügt über hohes Know-how in der Wasserstofftechnik, aber auch in der Produktion solcher Spezialanlagen. Gerade bei Großanlagen lassen sich künftig Gesteigungskosten für grünen Wasserstoff von 1 bis 2 Euro/kg H<sub>2</sub> erreichen, was deutlich preiswerter ist als etwa der oben genannte Einsatz von Elektrolyseuren auf Kläranlagen.

## Ganzheitliches Energiekonzept als Exportchance

Das Projekt „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“ aus Kempten findet schon in der Realisierungsphase große Aufmerksamkeit – auch aus dem Ausland. Als Projektentwickler bekam Bluemove Consulting zusätzlich die Aufgabe, im Rahmen der Exportinitiative Umweltschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), ein Projekt in Brasilien zu unterstützen. Im Auftrag der Deutsch-Brasilianischen Industrie- und Handelskammer Rio de Janeiro (AHK Rio) sollen im Bundesstaat Paraná für den Anlagenbetreiber Sanepar geeignete Technologien und

Firmen gefunden werden, um auf Abwasserbehandlungsanlagen künftig grünen Wasserstoff zu produzieren. Ähnlich dem Allgäu ist Paraná eine landwirtschaftlich geprägte Region. Sanepar betreibt in Paraná 267 Kläranlagen unterschiedlicher Größe.



Dipl.-Ing. Arthur Dornburg

ist Geschäftsführer der Bluemove Consulting GmbH & Bluemove Mobility GmbH. Der leidenschaftliche Pionier im Bereich erneuerbarer Energien verfügt über langjährige Erfahrungen in den Bereichen Biogas und Solartechnik, Energie-Contracting, Blockheizkraftwerke, Energiezentralen und Fernwärmenetze. Zuletzt war er als geschäftsführender Gesellschafter bei der M+P Gruppe auch für den Aufbau der E-Mobility-Sparte des Unternehmens verantwortlich.

Kontakt unter:  
dornburg@bluemove-consulting.de