



Bundesländerspezifische Potenziale von Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen auf Kläranlagen in Deutschland

Markus Blesl, Michael Ohl

Kläranlagen sind gleichzeitig Energieerzeuger als auch Energieverbraucher. Daher wird bereits seit mehreren Jahrzehnten das auf Kläranlagen anfallende Klärgas (Faulgas) in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Seit 2000 werden in Deutschland auch die ersten Brennstoffzellen auf Kläranlagen eingesetzt. Dieser Einsatz befindet sich immer noch in der Demonstrationsphase mit dem Ziel, die Nutzung biogener Brennstoffe zu untersuchen. Den Anfang machte bereits im Jahr 2000 eine PAFC-Brennstoffzelle in einem Kölner Klärwerk. 2004 wurde eine mit Biomethanol betriebene MCFC in Berlin in Betrieb genommen, 2005 folgte eine MCFC-Anlage auf der Kläranlage Ahlen, 2006 eine MCFC in einer Kompostierungsanlage in Leonberg, 2007 eine weitere Klärgasbetriebene MCFC in Stuttgart und im Jahr 2008 eine MCFC im Klärwerk Moosburg/Bayern, unter anderem zur Trocknung von Klärschlamm (siehe *i-Punkt*, Seite 46).

Im Folgenden wird das technische Potenzial der Klärgasverstromung durch Brennstoffzellen bzw. Blockheizkraftwerke in Deutschland ermittelt. Das technische Potenzial umfasst die bei gegebenem Klärgasaufkommen auf Kläranlagen in Deutschland maximal installierbaren Kapazitäten der verschiedenen Technologien zur Klärgasverstromung und die damit gewinn-

baren Strommengen. Bei der Analyse der Arbeiten handelt es sich um ein Folgeprojekt, das 2008¹ im Forschungsdatenzentrum des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg durchgeführt wurde.

Klärgasnutzung und Stromerzeugung in Deutschland

Um das vorhandene Potenzial der Nutzung von Klärgas² in BHKW oder Brennstoffzellen abzuschätzen, werden alle Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung³ erfasst, da nur diese Klärgas produzieren. Kläranlagen werden großenteils nach Einwohnerwerten (EW) kategorisiert. Die EW-Zahl besteht aus der Einwohnerzahl des Einzugsgebiets und den Einwohnergleichwerten, die unter anderem das Abwasseraufkommen aus der Industrie bezeichnen. Die Kläranlagen werden in Größenklassen von 1 (unter 1 000 EW) bis 5 (über 100 000 EW) eingeteilt. Zur besseren Einordnung wurde die Größenklasse 4 (10 000 bis 100 000 EW) für die Potenzialbestimmung in die Unterklassen 4a (10 000 bis 50 000 EW) und 4bc (über 50 000 bis 100 000 EW) differenziert. Da kleinere Kläranlagen überwiegend den Schlamm aerob, das heißt ohne Klärgasanfall, stabilisieren, kommen

Dr.-Ing. Markus Blesl ist Leiter der Fachgruppe „Energiesystem- und Technikanalyse“ am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart.

Dipl.-Ing. Michael Ohl ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichen Institut.

T1 Kennzahlen klärgasproduzierender Kläranlagen in Deutschland 2007 nach Größenklassen

Größenklasse	EW-Bereich	Ausbau-EW	Anlagen	Davon mit BHKW	Klärgasproduktion	Inst. BHKW-Kapazität	Stromerzeugung
			Anzahl		GWh/a	MW	GWh/a
Klasse 5	> 100 000	63 365 816	204	180	2 868	196,2	683,8
Klasse 4bc	50 001 – 100 000	18 078 542	241	202	770	64,4	154,6
Klasse 4a	10 001 – 50 000	19 059 092	656	388	786	33,7	118,0
Klasse 3	5 001 – 10 000	523 832	62	16	53	1,9	6,5
Klasse 2	1 000 – 5 000	84 020	30	8	33	2,2	7,6
Klasse 1	< 1 000	9 125	19	5	19	1,6	4,2
Insgesamt		101 120 427	1 212	799	4 529	300,0	974,7

Datenquelle: Angaben aus der Klärgasstatistik 2007. Statistische Ämter des Bundes und der Länder; Forschungsdatenzentren, Stuttgart, 2010; Eigene Berechnungen.

1 Blesl, Markus/Ohl, Michael: Bundesländerspezifische Potenziale von Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen auf Kläranlagen in Deutschland, in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg, 3/2008, S. 48–53

2 Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Klärgasstatistik 2007. Forschungsdatenzentren, Stuttgart, 2010.

3 Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung 2007. Forschungsdatenzentren, Stuttgart, 2010.



In über 1 200 kommunalen Kläranlagen in Deutschland fielen im Jahr 2007 insgesamt mehr als 4 500 GWh

Klärgas an. Dieses Nebenprodukt der Abwasserreinigung kann zur Produktion von Strom und Wärme genutzt werden, womit der Energiebedarf von Kläranlagen zumindest teilweise gedeckt werden kann. Hierzu werden derzeit auf etwa 800 Kläranlagen motorische Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt, mit denen 2007 eine kumulierte Stromproduktion von 975 GWhel und eine CO₂-Vermeidung von 560 000 Tonnen realisiert werden konnten.

Mit der Brennstoffzelle schickt sich nun eine neue Technologie an, den BHKW Konkurrenz zu machen. Im Beitrag werden die technischen Potenziale des Brennstoffzelleneinsatzes auf deutschen Kläranlagen auf Basis der einzelnen Bundesländer ermittelt. Gleichzeitig wird auch die Frage behandelt, welche Spielräume der etablierten BHKW-Technologie bleiben bzw. welche Möglichkeiten des BHKW-Einsatzes bisher ungenutzt blieben.

Forschungsdatenzentrum

Das Forschungsdatenzentrum (FDZ) der Statistischen Landesämter, mit regionalem Standort im Statistischen Landesamt Baden-Württemberg, ist Teil einer breit genutzten informationellen Infrastruktur und wird noch bis August 2011 als Pilotprojekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Zurzeit laufen intensive Bemühungen, um eine dauerhafte Etablierung des FDZ zu erreichen. Als Serviceeinrichtung für die Wissenschaft bietet es der wissenschaftlichen Forschung Zugang zu amtlichen Mikrodaten. In mehr als 500 Forschungsprojekten bundesweit wurde diese Möglichkeit bereits ergriffen. Insgesamt stehen mittlerweile Mikrodaten über 80 Statistiken nahezu aller Themenbereiche zur Verfügung. Am häufigsten werden Statistiken aus dem Bereich Mikrozensus und Bevölkerung nachgefragt, gefolgt von den Wirtschaftsstatistiken und dem Bereich Agrar und Umwelt. Die Daten können „On-Site“ an Gastwissenschaftlerarbeitsplätzen oder per kontrollierter Datenfernverarbeitung in den Statistischen Ämtern und teilweise als Scientific-Use-Files am eigenen Arbeitsplatz ausgewertet werden. Ein kompletter Überblick über das aktuelle Datenangebot und die möglichen Zugangswege wird im Internet unter www.forschungsdatenzentrum.de geboten.

in Deutschland nur 1 212 (4,6 % mehr gegenüber 1 156 im Jahr 2004) von insgesamt rund 6 600 Kläranlagen für die Potenzialabschätzung in Frage.

Da die Energieversorgung und damit die Steigerung der Energieeffizienz von Kläranlagen in den letzten Jahren im Mittelpunkt kommunaler Maßnahmen stand, wurden im Jahr 2007 mit ca. 4 525 GWh rund 2,2 % mehr Klärgas produziert als im Jahr 2004 mit 4 418 GWh (Tabelle 1).

Der größte Anteil der Klärgasproduktion (63 %), der installierten BHKW-Leistung von 300 MWel und der erzeugten Strommengen von 974,7 GWh entfällt auf die Kläranlagen der Klasse 5 mit einer Leistung von 196,2 MWel bzw. 683,8 GWh. Die Klasse 4a (10 000 bis 50 000 EW) besitzt aufgrund der höheren Anlagenzahl eine höhere kumulierte Klärgasproduktion als Klasse 4bc (über 50 000 bis 100 000 EW). Die Klassen 1 bis 3 spielen wegen der geringen Anzahl an Anlagen und des geringen Klärgasaufkommens keine nennenswerte Rolle bei der Klärgasverstromung.

Die sich aus diesen Daten ergebenden Potenziale für den Neubau und die kapazitive Optimierung bereits bestehender Stromerzeugungsanlagen auf Kläranlagen werden in den folgenden Abschnitten thematisiert.

Bestimmung des technischen Neubaupotenzials von Anlagen zur Klärgasverstromung

Obwohl ein Betrieb von BHKW auf Kläranlagen wirtschaftlich möglich ist, wird heute noch in 413 der betrachteten 1 212 Kläranlagen das Klärgas höchstens zur Wärmeerzeugung in Kesseln genutzt. Trotz der Zunahme der Kläranlagen mit Klärgasproduktion um 56 Anlagen reduziert sich die Anzahl der Kläranlagen ohne BHKW um 17 zwischen den Jahren 2004 und 2007. Bei der Ermittlung des technischen Neubaupotenzials werden alle Kläranlagen ohne eigene Stromerzeugung berücksichtigt. Als Untergrenze für die BHKW-Leistung werden 25 kWel zu Grunde gelegt. Bei einer entsprechenden Auslegung kann eine Jahresnutzung von 7 500 Volllaststunden erreicht werden.

Zwischen den Jahren 2004 und 2007 wurde vor allem die Stromerzeugung auf großen Kläranlagen der Klasse 5 weiter ausgebaut bzw. optimiert, während auf kleinen Kläranlagen (Klasse 4a und kleiner) die Gewinnung von Klärgas ermöglicht wurde. Unter diesen Randbedingungen beträgt das Neubaupotenzial von BHKW 22,1 MWel, das entspricht 36,5 % weniger

T2 Neubaupotenzial und technisches Optimierungspotenzial von Blockheizkraftwerken (BHKW) auf Kläranlagen in Deutschland 2007

Größenklasse	Ausbau-EW	Neubaupotenzial			Optimierungspotenzial		
		Anlagen	elektrische Leistung	Stromerzeugung	Anlagen	elektrische Leistung	Stromerzeugung
		Anzahl	MW	GWh/a	Anzahl	MW	GWh/a
Klasse 5	> 100 000	24	8,3	64,2	113	19,5	146,5
Klasse 4bc	50 001 – 100 000	38	3,8	56,0	122	8,6	56,9
Klasse 4a	10 001 – 50 000	265	9,2	68,9	80	4,4	31,9
Sonstige Klassen	≤ 10 000	18	0,8	5,9	3	0,3	1,9
Insgesamt		345	22,1	195,0	318	32,8	237,1

Datenquelle: Eigene Berechnungen.

gegenüber 34,8 MWeI im Jahr 2004. Im gleichen Betrachtungszeitraum nimmt das Potenzial der Stromproduktion der Neubauoptionen von 195 GWhel/a gegenüber 261,3 GWhel/a in 2004 ab (Tabelle 2). Ein besonders hohes technisches Neubaupotenzial für kleinere BHKW ergibt sich mit 265 zusätzlichen Anlagen bzw. 9,2 MWeI für die Klasse 4a, woraus sich eine mögliche Stromerzeugung von 69 GWhel/a ergibt. Trotz der geringeren Anzahl von 24 Anlagen entfällt jedoch das zweitgrößte Neubaupotenzial auf die Klasse 5 mit einer elektrischen Leistung von 8,3 MWeI und einer möglichen Stromerzeugung von 64,2 GWhel/a.

Das größte Neubaupotenzial von BHKW auf Bundesländerebene ergibt sich für Nordrhein-Westfalen mit 8,8 MW, gefolgt von Baden-Württemberg mit 3,7 MW und Niedersachsen mit 3,4 MW.

Brennstoffzellen haben zwar einen höheren elektrischen Wirkungsgrad als BHKW, erreichen aber wegen der höheren Mindestanlagengröße (derzeit 250 kWel) nur ein Neubaupotenzial in der Größenordnung von BHKW-Anlagen. 19 Kläranlagen ohne bisherige Stromerzeugung können mit einer oder mehreren MCFC a 250 kWel ausgestattet werden (insgesamt 11 MWeI), die meisten davon auf Anlagen der Klasse 5. In den niedrigeren Größenklassen ist lediglich eine Kläranlage vorhanden, für die der Neubau einer MCFC mit der aktuell verfügbaren Leistungsgröße in Frage kommt.

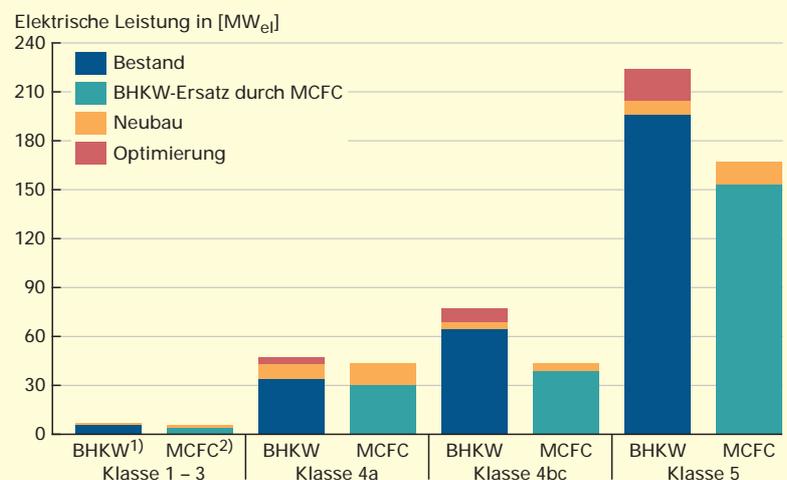
Technische Optimierungsmöglichkeiten auf Kläranlagen mit bestehenden BHKW

Bei der Bestimmung des technischen Optimierungspotenzials wird abgeschätzt, inwieweit auf Kläranlagen mit bereits vorhandenen BHKW-Anlagen die Möglichkeit zu Kapazitätser-

weiterungen besteht. Hierfür werden die Fackelverluste, die ungenutzten Klärgasmengen und die Auslegung des BHKW kläranlagenspezifisch analysiert. Im Fall über die Kapazität des bestehenden BHKW hinausgehender Klärgasmengen werden die überschüssigen Klärgasmengen in entsprechende elektrische BHKW-Leistungen umgerechnet.

Durch die in den letzten Jahren erfolgte Zusammenlegung von Kläranlagenkapazitäten und die damit verbundene Steigerung der Klärgasausbeute ohne vollständige Anpassung der Stromerzeugung in BHKW ergibt sich im Vergleich zu 2004 im Jahr 2007 ein deutlich höheres technisches Optimierungspotenzial. Dieser Effekt ist insbesondere in Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Bayern zu beobachten.

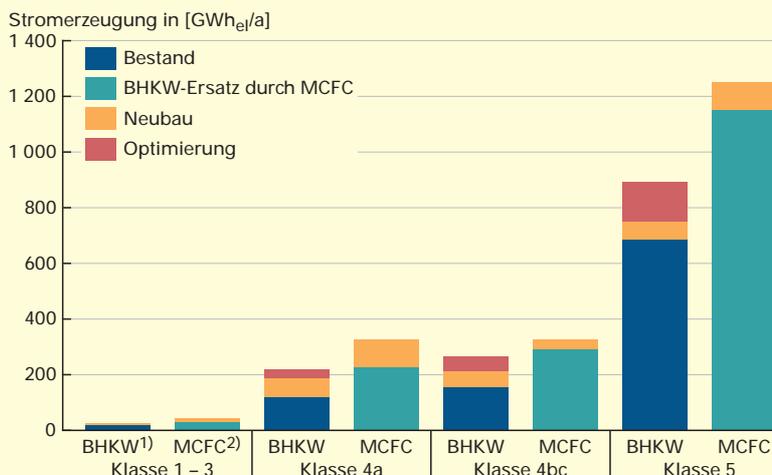
S1 Bestand und technische Potenziale der elektrischen Leistung zur Klärgasverstromung in Deutschland nach Größenklassen und Technologie



1) Blockheizkraftwerke. – 2) Molten carbonat fuel cell, Schmelzcarbonatbrennstoffzelle.
Datenquelle: Eigene Berechnungen.

S2

Technische Stromerzeugungspotenziale aus Klärgas in Deutschland 2007 nach Größenklassen und Technologie



1) Blockheizkraftwerke. – 2) Molten carbonat fuel cell, Schmelzkarbonatbrennstoffzelle.
Datenquelle: Eigene Berechnungen.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

963 10

ten. In Deutschland besteht ein technisches Optimierungspotenzial von BHKW auf Kläranlagen von insgesamt zusätzlichen 32,8 MWel (198 % mehr gegenüber 11 MWel in 2004) sowie einer Stromproduktion von 237,1 GWh_{el}/a (186 % mehr als 2004 mit 82,8 GWh_{el}/a) (Tabelle 2). In den sonstigen Klassen 1 bis 3 sowie in der Klasse 4a bestehen nur geringe Optimie-

rungsmöglichkeiten. Das höchste Optimierungspotenzial unter den Kläranlagen in Deutschland weisen mit 19,5 MWel die Anlagen der Klasse 5 auf. Gegenüber der Untersuchung 2004 ergibt sich infolge besserer Kläranlagenauslastung, unter anderem durch die Konzentrierung der Abwasserreinigung auf bestehende Großanlagen, und damit höherer Klärgasproduktion ein deutlicher Zuwachs des Optimierungspotenzials.

Die Verteilung der elektrischen Leistung des BHKW-Bestandes und der zugehörigen technischen Optimierungspotenziale von BHKW und MCFC zur Klärgasnutzung in Deutschland ist in *Schaubild 1* grafisch dargestellt. Es zeigt sich, dass durch Optimierung der BHKW-Stromerzeugungskapazitäten vor allem auf Kläranlagen der Klasse 5 große Strommengen zusätzlich gewinnbar sind.

Technisches Gesamtpotenzial des Brennstoffzellen- bzw. BHKW-Einsatzes zur Klärgasverstromung in Deutschland

Bei der Bestimmung des Gesamteinsatzpotenzials von Brennstoffzellen werden auch diejenigen Kapazitäten berücksichtigt, die sich aus dem Ersatz bestehender BHKW-Anlagen durch Brennstoffzellen ergeben können.

Für das Klärgasaufkommen des Jahres 2007 ergibt sich bei konstant gehaltenen Rahmenbedingungen für die Mindestanlagengröße von 250 kWel für MCFC ein technisches Gesamtpotenzial der MCFC von rund 156 MWel bzw. 625 MCFC-Modulen, die sich auf 219 Kläranlagen in Deutschland installieren ließen.

Dabei zeigt sich vor allem in den Klassen 4 und 5, dass der überwiegende Teil des technischen Leistungspotenzials der Brennstoffzellen aus dem Ersatz bestehender BHKW resultiert.

Die größten Potenziale der Klärgasverstromung ergeben sich bei beiden Technologien für Anlagen der Klasse 5 (*Schaubild 2*). In den Klassen 3 und kleiner (Klasse Sonstige) weisen Brennstoffzellen nur geringe technische Stromerzeugungspotenziale auf.

Die Gesamtpotenziale von MCFC-Brennstoffzellen (Modulgröße 250 kWel) und BHKW bezüglich installierbarer Leistung und Stromerzeugung sind in *Tabelle 3* aufgeteilt auf die einzelnen Bundesländer dargestellt. Dabei besteht das Gesamtpotenzial der BHKW aus Bestand, Neubau- und Optimierungspotenzial, das der MCFC aus Neubau- und BHKW-Ersatzpotenzial. Aus datenschutzrechtlichen Gründen

T3

Technische Gesamtpotenziale von elektrischer Leistung und Stromproduktion von BHKW und MCFC auf Kläranlagen in Deutschland 2007 nach Bundesländern

Bundesland	Gesamtpotenzial			
	BHKW		MCFC	
	elektrische Leistung	Stromerzeugung	elektrische Leistung	Stromerzeugung
	MW	GWh/a	MW	GWh/a
Baden-Württemberg	52	213	19	144
Bayern	66	249	29	218
Brandenburg	13	48	10	75
Hessen	23	87	7	51
Mecklenburg-Vorpommern	7	22	3	21
Niedersachsen	31	126	14	101
Nordrhein-Westfalen	90	390	39	293
Rheinland-Pfalz/Saarland	13	53	4	26
Sachsen	10	30	3	21
Sachsen-Anhalt/Thüringen	12	38	4	32
Schleswig-Holstein	15	56	7	51
Stadtstaaten zusammen	24	87	16	120
Insgesamt	354	1 401	154	1 151

Datenquelle: Angaben aus der Klärgasstatistik 2007. Statistische Ämter des Bundes und der Länder; Forschungsdatenzentren, Stuttgart, 2010; Eigene Berechnungen.

können die Länder Thüringen und Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz und Saarland sowie die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen nur in aggregierter Form dargestellt werden.

Die Stromerzeugungspotenziale in Nordrhein-Westfalen und den Stadtstaaten fallen aufgrund des siedlungsstrukturbedingt hohen Anteils von Großkläranlagen besonders hoch aus, welche den Einsatz der vergleichsweise großen Brennstoffzellenmodule begünstigen.

Generell fallen die Leistungspotenziale der Brennstoffzelle deutlich geringer aus, als die der BHKW. Neben der ungünstigen Modulgröße der Brennstoffzelle beruht dieser Effekt auch auf einer Überdimensionierung der bestehenden BHKW-Anlagen, wodurch die BHKW-Ersatzpotenziale sinken. Dagegen befinden sich die Stromerzeugungspotenziale von BHKW und MCFC für die meisten Länder sowie in der Gesamtbetrachtung in derselben Größenordnung, das heißt, die Modulgrößenvorteile der BHKW und die Wirkungsgradvorteile der MCFC halten sich in etwa die Waage. Ausnahmen sind die Länder, deren Klärgas zu einem hohen Maß auf kleineren Kläranlagen anfällt, wie etwa in Baden-Württemberg oder in Rheinland-Pfalz/Saarland.

Insgesamt können mit dem aktuellen Klärgasaufkommen in Deutschland Brennstoffzellen mit einer kumulierten Leistung von 156 MWel (4,8 % weniger gegenüber 164 MWel in 2004) betrieben werden, womit sich pro Jahr 1,17 TWhel (4,8 % weniger als 2004 mit 1,23 TWhel) Strom erzeugen lassen. Mit dieser regenerativ erzeugten Strommenge können Emissionen von über 670 000 t CO₂/a pro Jahr vermieden werden.

Potentiale von MCFC in Abhängigkeit der Modulgröße

MCFC werden derzeit für den Demonstrationsbetrieb mit einer Leistung von 250 kWel angeboten. Für die Markteinführung werden verschiedene Anlagengrößen erwartet. Zusätzlich zu einer variablen Leistungsgröße (das heißt, jede beliebige Leistungsgröße wäre verfügbar) werden feste Modulgrößen von 50 kWel, 125 kWel, 250 kWel und die von der Industrie bereits angekündigte Größe von 300 kWel betrachtet.

Durch eine Verkleinerung der Modulgröße kann eine insgesamt höhere elektrische Leistung in Brennstoffzellen installiert und die genutzte Klärgasmenge sowie die produzierte Strommenge gesteigert werden. Mit 50 kWel-Modulen der

MCFC können 81,8 % des Klärgasaufkommens (gegenüber 55,1 % bei 250 kWel-Modulen) genutzt und das technische Leistungspotenzial



Begriffserläuterungen und Abkürzungen

Anaerobe Schlammstabilisierung: Schlammfäulung unter Ausschluss von Sauerstoff, bei der Biogas (Klärgas) entsteht.

Aerobe Schlammstabilisierung: durch anhaltende Belüftung werden im Klärschlamm enthaltene organische Substanzen vollständig umgewandelt, sodass es bei der anschließenden Entsorgung zu keinen weiteren Abbauprozessen kommt.

Einwohnerwerte: Die Ausbaugröße einer Kläranlage wird in Einwohnerwerten (EW) gemessen. Die Zahl der EW, für die eine Kläranlage ausgelegt ist, gibt die Anzahl der Einwohner an, deren Schmutzwasser in der Anlage behandelt werden kann. Die Größe ist auch umrechenbar auf gewerbliche Schmutzwassermengen.

BHKW: Blockheizkraftwerk

MCFC: (molten carbonate fuel cell) Schmelzkarbonatbrennstoffzelle. Die Stromerzeugung erfolgt bei diesem Brennstoffzellentyp mittels einer Salzschmelze aus Karbonaten bei 650 °C.

PAFC: (phosphoric acid fuel cell) Phosphorsäurebrennstoffzelle. Bei diesem Brennstoffzellentyp erfolgt die Stromerzeugung mit Hilfe eines flüssigen Elektrolytmaterials, der Phosphorsäure.

kW: Kilowatt – Einheit der Leistung

kWel: Kilowatt – Einheit der elektrischen Leistung

MW: Megawatt = 10³ kW

MWel: Megawatt = 10³ kWel

kWhel: Kilowattstunde – Einheit für elektrische Energie

GWhel: Gigawattstunde = 10⁶ kWhel

TWh: Terawattstunden = 10⁹ kWh

a: Jahr

T4 Gesamtpotenziale von Schmelzcarbonatbrennstoffzellen (MCFC) in Abhängigkeit der Modulgröße

Modulgröße MCFC	Anlagen	Leistung			Stromerzeugung		
		BHKW- Ersatz	Neubau ¹⁾	insgesamt	BHKW- Ersatz	Neubau ¹⁾	insgesamt
		MW			GWh/a		
Variabel	1 201	226	34	260	1 697	252	1 949
50 kW	831	208	23	231	1 563	180	1 742
125 kW	435	178	16	194	1 335	121	1 456
250 kW	219	145	11	156	1 089	83	1 172
300 kW	182	137	10	146	1 024	74	1 098

1) Kläranlagen ohne bisherige Stromerzeugung.
Datenquelle: Eigene Berechnungen.

um 48,1 % bzw. 75,2 MWel gesteigert werden. Eine variable Leistungsgröße der MCFC-Brennstoffzellen brächte im Vergleich zum 50 kWel-MCFC-Modul dagegen nur noch weitere 28 MWel.

Die Gesamtpotenziale der MCFC für die einzelnen Modulgrößen sind, aufgeteilt nach Neubau- und Bestandsanlagen (bisher mit BHKW betriebene Kläranlagen), in *Tabelle 4* dargestellt.

Schlussbetrachtung und Ausblick

Die Steigerung der Energieeffizienz in Form höherer Klärgasproduktion, die Reduktion der Fackelverluste um 19 % und die Steigerung der Stromerzeugung auf Kläranlagen sind Zeichen dafür, dass die Kommunen das Thema Energie bewusster angehen. Dies geschieht mit dem Hintergrund, dass kommunale Kläranlagen immer noch für 20 % des Stromverbrauchs aller kommunalen Einrichtungen verantwortlich sind. Hierdurch stellt sich die Frage nach der Stromverbrauchsreduktion bzw. inwieweit kann diese durch verstärkte Eigenproduktion ausgeglichen werden. Im Zuge der Potenzialermittlung stellen sich die auf deutschen Kläranlagen installierten BHKW-Kapazitäten als über weite Strecken überdimensioniert heraus. Auch werden noch nicht alle BHKW in klärgasgeführter Fahrweise betrieben, wodurch den Betreibern unter anderem höhere Einspeise-

vergütungen entgehen. Für Kläranlagen ohne bisherige eigene Stromerzeugung empfiehlt sich aus ökologischen und ökonomischen Gründen die Installation optimal dimensionierter Stromerzeugungsanlagen (mehr unter BWPLUS 2004 bzw. Blesl/Ohl 2007⁴⁾).

Der größte Nachteil der zur Klärgasverstromung geeigneten Brennstoffzellen liegt derzeit bei den weiterhin zu hohen Investitionskosten. Seit dem Jahr 2004 ist noch kein erkennbarer Schritt in Richtung Serienfertigung vollzogen worden. Die in der Diskussion befindliche größere Anlagenleistung von 300 kWel weist darauf hin, dass der erhebliche Kostensenkungsbedarf teilweise durch eine höhere Leistungsgröße ausgeglichen werden soll.

Dies widerspricht der Empfehlung, dass eine optimalere Abdeckung des Marktsegments Klärgas eher durch eine Reduktion der Modulgröße auf 50 kWel zu erzielen wäre. Durch eine Reduktion der Leistungsgröße könnte das Marktvolumen auf maximal 231 MWel gesteigert werden, ein Zuwachs von 48 % gegenüber dem jetzigen Stand. Das erreichbare BHKW-Ersatzpotenzial beträgt dann 208 MWel, die Stromerzeugung könnte ebenfalls um bis zu 43 % steigen.

Bezüglich der Datenbasis ist festzustellen, dass die Ermittlung der aktuell auf den verschiedenen Kläranlagen jeweils installierten BHKW-Leistung bislang nur auf Basis einiger bekannter BHKW-Anlagen für alle Kläranlagen abgeschätzt werden kann. Diesbezüglich wäre es für künftige Erfassungen des Klärgasangebots und dessen Nutzung äußerst wünschenswert, bei den Kläranlagen im Rahmen der ohnehin vorgeschriebenen statistischen Erhebungen auch Angaben zur installierten Stromerzeugungskapazität sowie aller installierten Wärmeerzeugungskapazitäten (Gaskessel und BHKW) abzufragen.

Die Potenzialabschätzung beschränkt sich auf die Bestimmung der bezüglich des maximal verfügbaren Klärgasaufkommens realisierbaren Kapazitäten zur Klärgasverstromung in Deutschland. Nicht thematisiert werden dagegen mögliche alternative Klärgasnutzungsmöglichkeiten, wie der Verkauf an externe Kunden oder der Betrieb einer Klärschlamm-trocknungsanlage. ■

4 Keicher, K./Krampe, J./Rott, U./Ohl, M./Blesl, M./Fahl, U.: Systemintegration von Brennstoffzellen auf Kläranlagen – Potenzialabschätzung für Baden-Württemberg. www.bwplus.fzk.de/berichte/SBer/BWI22006SBer.p Blesl, M./Ohl, M.: Nutzenergie aus Klärgas, in: BWK, Band 59 (2007) Nr. 11, S. 56–61, Hrsg.: BWK Das Energiefachmagazin – Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.