



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,
ERNÄHRUNG, WEINBAU
UND FORSTEN

ENERGIESITUATION DER KOMMUNALEN KLÄRANLAGEN IN RHEINLAND-PFALZ

Datenauswertung 2011



ÖKOEFFIZIENZ IN DER WASSERWIRTSCHAFT

IMPRESSUM

Herausgeber: Ministerium für Umwelt,
Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau
und Forsten Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Str. 1 • 55116 Mainz
www.mulewf.rlp.de

Projektleitung: Dipl.-Ing. (FH) Frank Angerbauer (LUWG)
Dipl.-Ing. (FH) Reiner Kunz (MULEWF)

Bearbeitung: WiW - Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH
Dr.-Ing. Gerd Kolisch, Dipl.-Ing. Gitta Schirmer
Untere Lichtenplatzer Str. 100, 42289 Wuppertal, www.wiwmhb.de

WiW

Wupperverbandsgesellschaft für
integrale Wasserwirtschaft mbH



Fotos: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
WIW – Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH
Kläranlage Kaiserslautern, Kläranlage Traben-Trarbach,
Kläranlage Speyer, Kläranlage Daun, Kläranlage Oppenheim, Kläranlage Bitburg-Ost,
Kläranlage Linz-Unkel, Kläranlage Selters
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten

Satz und Layout: Landesamt für Umwelt,
Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
Rheinland-Pfalz (LUWG)

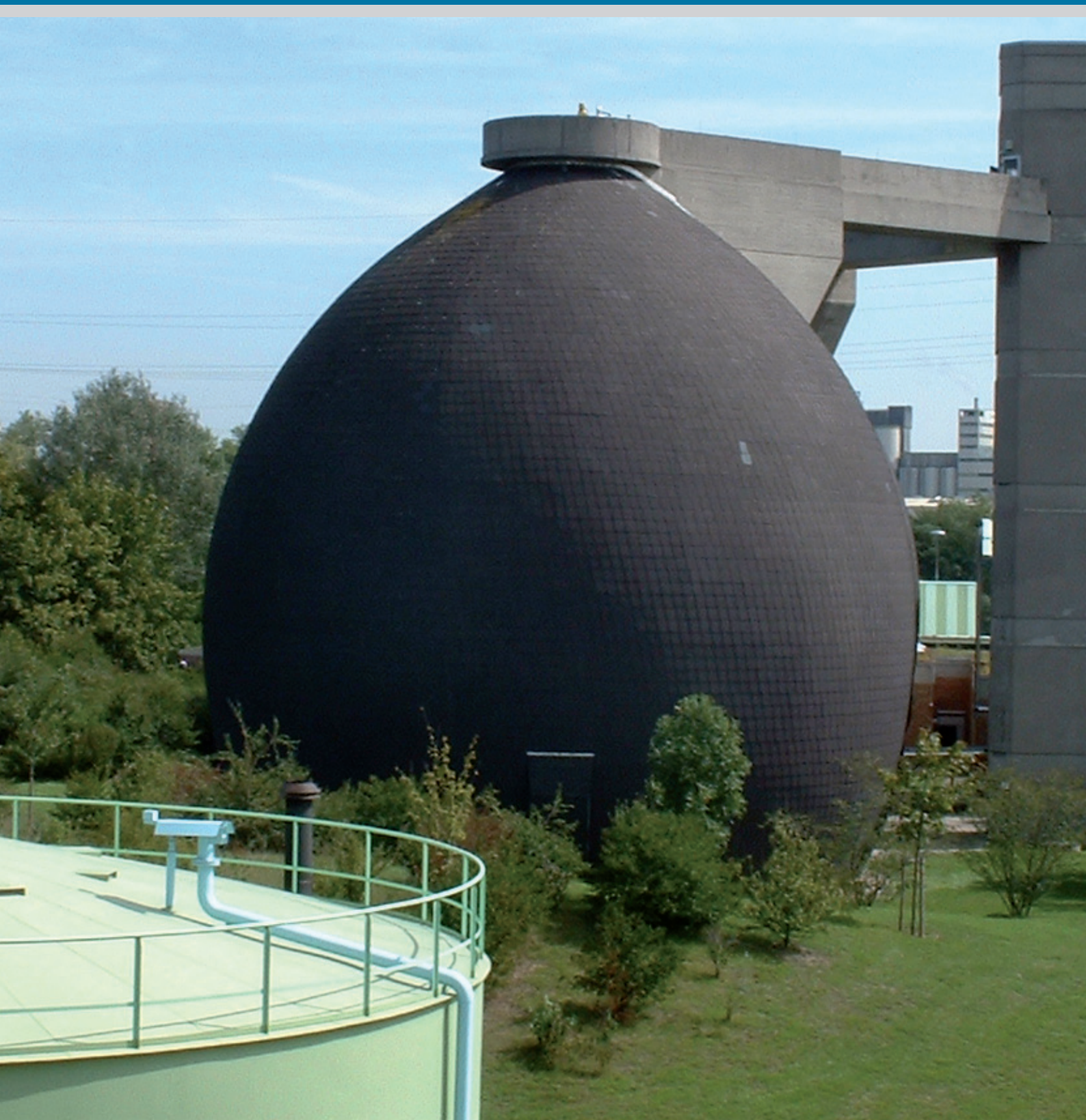
© Dezember 2012

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

INHALT

1	Vorwort	4
2	Energiedatenauswertung	6
2.1	Datengrundlage	7
2.2	Elektrischer Gesamtstromverbrauch	9
2.3	Klärgasanfall und Eigenstromerzeugung	10
2.4	Spezifischer elektrischer Energieverbrauch	11
2.5	Einfluss der Weinbaukampagne	13
3.	Optimierungspotenzial für Rheinland-Pfalz	14
3.1	Abschätzung des elektrischen Einsparpotentials nach Größenklassen	15
3.2	Steigerung der Energieeffizienz auf Kläranlagen der GK 4	17
4.	Energieeinspar- und Optimierungsmaßnahmen	20
4.1	Optimierung der biologischen Reinigungsstufe	21
4.2	Erhöhung der Eigenstromerzeugung auf Anlagen mit Faulung	23
4.3	Umstellung von Stabilisierungsanlage auf Schlammfaulung	26
4.4	Interkommunales Klärschlammbehandlungszentrum	27
5.	Handlungsempfehlung und Ausblick	29
6.	Literatur	31

1 VORWORT



Bereits seit über 10 Jahren beschäftigt sich das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten (MULEFW) mit der Betriebskostenreduktion sowie der Verfahrens- und insbesondere der Energieoptimierung kommunaler Kläranlagen. Das Land Rheinland-Pfalz erhebt seit dem Jahr 2000 über eine Internetanwendung die Jahresberichte der Eigenüberwachung von Abwasseranlagen und ab 2010 auch die dazugehörigen Energiedaten.

In dem vorliegenden Bericht werden die erfassten Daten des Jahres 2011 verglichen und ausgewertet. Damit wird das Projekt „Steigerung der Energieeffizienz auf Abwasseranlagen“ des Umweltministeriums aus dem Jahr 2007 fortgeführt und es werden zukünftige Handlungsschwerpunkte im Bereich der Energieeffizienz aufgezeigt.

Seit dem Jahr 2005 werden auch im Rahmen des Projektes „Benchmarking Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz“ [MUFV, 2009; MULEFW, 2012] unternehmensbezogene Auswertungen durchgeführt. Die hierbei ermittelte große Schwankungsbreite in den Verbrauchswerten und der Vergleich mit einschlägigen Referenzwerten lassen ebenfalls noch ein deutliches Einsparpotenzial erwarten.

2 ENERGIEDATENAUSWERTUNG



2.1 Datengrundlage

Im Jahr 2011 wurden in Rheinland-Pfalz 700 kommunale Kläranlagen betrieben, von denen 361 Anlagen eine Ausbaugröße größer 2.000 E besitzen. Die 339 Kläranlagen mit einer Ausbaugröße kleiner 2.000 E werden aufgrund der nicht gegebenen Vergleichbarkeit im Weiteren nicht berücksichtigt.

Im Rahmen der Auswertung konnten die Energiedaten von 313 der vorgenannten 361 Kläranlagen ausgewertet werden. Dies entspricht 87 % der Anlagen ab 2.000 E Ausbaugröße mit einem Anteil von 82 % der gesamten Reinigungskapazität in Rheinland-Pfalz. Die erhobenen Daten umfassen neben den abwassertechnischen Informationen den elektrischen Energieverbrauch und die Stromeigenproduktion.

Tab. 1: Statistik der erfassten Kläranlagen

Größenklasse	Kläranlagenbestand 31.12.2011		Erfasste Anlagen		Beteiligung
	Gesamt- Ausbaugröße [E]	Anzahl [-]	Gesamt- Ausbaugröße [E]	Anzahl [-]	(%-Ausbau- größe)
GK 2 ab 2.000 bis 5.000 E	437.000	133	318.670	98	73
GK 3 5.000 bis 10.000 E	562.000	75	493.755	66	88
GK 4 10.000 bis 100.000 E	4.018.000	145	3.894.968	141	97
GK 5 * > 100.000 E	1.615.000	8	1.615.000	8	100
Gesamt	6.632.000	361	6.322.393	313	95

*die kommunalen Abwässer, die über die BASF-Kläranlage behandelt werden, sind hier nicht enthalten

Von den erfassten Anlagen werden rund 93 % als Belebungsanlage bzw. Varianten des Belebungsverfahrens betrieben. 98 % der Einwohnerwerte werden mit diesem Klärverfahren behandelt. Auch in der Größenklasse 2 (ab 2.000 E) und 3 dominieren die Belebungsanlagen, die zum großen Teil als Kombibecken (Rundbecken) mit außenliegendem Belebungsbecken und innenliegender Nachklärung ausgeführt sind. Die Abwasserteichanlagen sowie Tropfkörperanlagen haben aufgrund ihrer geringen Anzahl und Gesamtausbaugröße für die Studie nur eine geringe Bedeutung.

In der Größenklasse 4 sind 67 Anlagen mit Faulung vertreten, bezogen auf die Ausbaugröße beträgt deren Anteil 62 %. Betrachtet man die

Anlagen ab 30.000 E Ausbaugröße, so steigt der Anteil der Anlagen mit Schlammfäulung auf rund 90 % Kapazitätsanteil.

In der Vergangenheit wurde der Einsatz der Schlammfäulung erst ab 30.000 E für wirtschaftlich sinnvoll erachtet. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse neuerer Untersuchungen, wie z. B. aus dem vom Land Rheinland-Pfalz geförderten Projekt NAWAS [TU Kaiserslautern, 2011] besteht hier weiteres Potenzial.

Die Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung werden in der Größenklasse 2 bis 4 überwiegend nach dem Durchlaufprinzip betrieben. Der Anteil der SBR-Anlagen und sonstigen Belebungsverfahren ist mit 13 Anlagen gering.

Tab. 2: Reinigungsverfahren der erfassten Anlagen nach Anzahl und Ausbaugröße

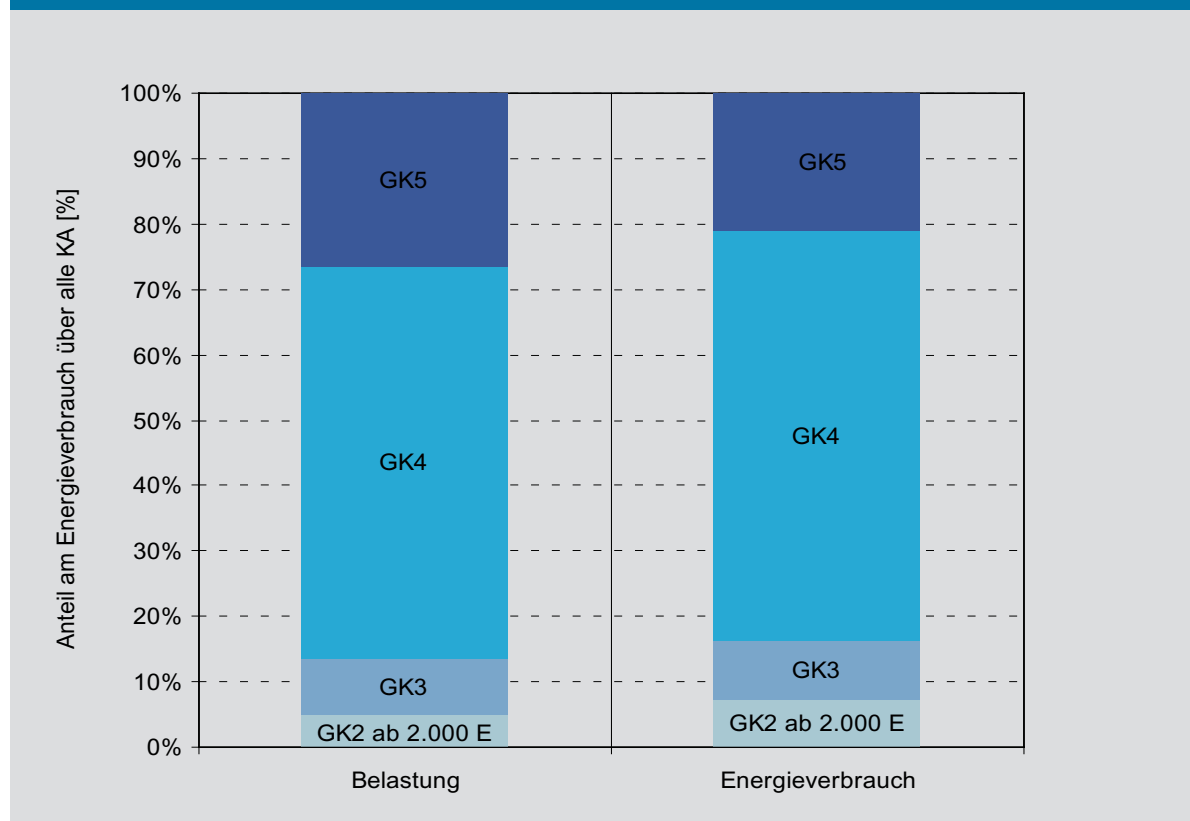
Reinigungsverfahren	Größenklasse	GK 2 ab 2.000 E	GK 3	GK 4 aerobe Stab.	GK 4 Faulung	GK 5	Summe
Belebungsanlage	Anzahl n [-]	73	55	69	65	7	269
	[E _{Ausbau}]	241.340	405.935	1.353.140	2.359.328	1.295.000	5.654.743
Mehrstufige Anlage aus Belebungs- und Tropfkörperverfahren	Anzahl n [-]	2	4	1	2	1	10
	[E _{Ausbau}]	7.300	29.070	25.000	69.500	320.000	450.870
Belebungsanlage mit SBR-Reaktoren	Anzahl n [-]	3	2	2			7
	[E _{Ausbau}]	8.100	19.000	64.000			91.100
Sonstige Belebungsanlage	Anzahl n [-]	4	1	1			6
	[E _{Ausbau}]	10.700	9.000	11.000			30.700
Abwasserteichanlage	Anzahl n [-]	10					10
	[E _{Ausbau}]	32.560					32.560
Tropfkörperanlage	Anzahl n [-]	6	4	1			11
	[E _{Ausbau}]	18.670	30.750	13.000			62.420
Gesamt	Anzahl n [-]	98	66	74	67	8	313
	[E _{Ausbau}]	318.670	493.755	1.466.140	2.428.828	1.615.000	6.322.393

2.2 Elektrischer Gesamtstromverbrauch

Auf die an der Umfrage beteiligten 313 Kläranlagen entfällt ein elektrischer Gesamtstromverbrauch von knapp 170.000 MWh/a. Hochgerechnet ergibt sich damit für das Jahr 2011 ein elektrischer Gesamtverbrauch aller rheinland-pfälzischen Kläranlagen von rund 200.000 MWh/a, etwa 186.000 MWh/a davon entfallen auf die Kläranlagen mit >2.000 E Ausbaugröße. Die an der Umfrage beteiligten 313 Kläranlagen decken mit 84 % Anteil am Gesamtverbrauch damit den wesentlichen Anteil ab.

Die 141 Kläranlagen der Größenklasse 4 haben den größten Anteil am Energieverbrauch und hier wird auch ein besonderes Einsparpotenzial gesehen. Die 8 Kläranlagen der Größenklasse 5 weisen jede zwar größenbedingt deutlich höhere absolute Verbrauchszahlen auf, das größere Potenzial liegt aber aufgrund der Vielzahl der Anlagen in der GK 4.

Abb. 1: Belastung und Energieverbrauch der ausgewerteten Anlagen im Jahresmittel



2.3 Klärgasanfall und Eigenstromerzeugung

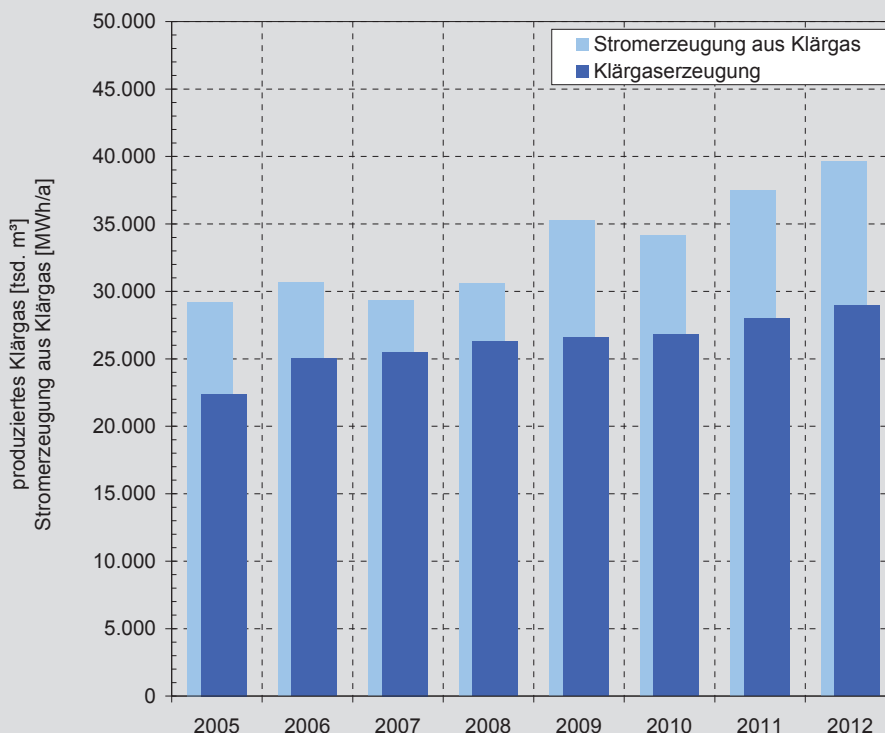
In Rheinland-Pfalz gibt es aktuell 84 Anlagen mit anaerober Schlammstabilisierung, die einen Kapazitätsanteil von rd. 63 % der erfassten Einwohnerwerte abdecken. Das gesamte Faulraumvolumen beträgt rund 180.000 m³. Das spezifische Faulraumvolumen liegt bei 50 l/E, die installierte elektrische BHKW-Leistung beträgt 2,3 W/E. Aktuell (Mitte 2012) betreiben 60 Kläranlagen ein BHKW bzw. eine Mikrogasturbine zur Kraft-Wärme-Kopplung mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von rd. 8,4 MW. Der erfasste Klärgasanfall betrug 2011 ca. 28 Mio. m³/a. Aus dem Klärgas und einem geringen Anteil Fotovoltaik wurden insgesamt etwa 38.000 MWh/a an regenerativer elektrischer Energie erzeugt, dies entspricht einem Eigenzeugungsanteil der erfassten Anlagen von 23 %. Hochgerechnet für Rheinland-Pfalz ergibt sich ein Deckungsgrad durch die Eigenproduktion von im Mittel rund 20 %. Einige Kläranlagen setzen zusätzlich Erdgas zur Verstromung ein, das in der Auswertung jedoch nicht enthalten ist.

In 2011 wurden vier Kläranlagen mit einer Gesamtausbaugröße von rd. 100.000 E mit BHKW-Anlagen nachgerüstet. Bei zwei Kläranlagen mit

einer Ausbaugröße von insgesamt 175.000 EW erfolgte der Austausch von BHKW-Anlagen mit einer Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades. Bei zwei Kläranlagen mit einer Gesamtausbaugröße von 57.500 EW erfolgte die Umstellung von aerober Schlammstabilisierung auf Faulung. Die sich hieraus für das Jahr 2012 ergebende Stromerzeugung wurde mit einem spezifischen Gasanfall von 17 l/(E*d) und einem elektrischen Wirkungsgrad von 33 % abgeschätzt.

Im Zeitraum von 2005 bis 2011 konnte die Stromerzeugung auf Kläranlagen um etwa 30 % gesteigert werden. Bezogen auf die Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung liegt der Anteil der Eigenstromerzeugung mittlerweile bei rund 35 %. Angestrebt wird jedoch je nach Kläranlagengröße ein Eigenversorgungsgrad zwischen 50 % und 90 %. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese hohen Eigenversorgungsgrade nur erreicht werden können, wenn der Ist-Energieverbrauch auch dem Idealwert entspricht. Der Effizienzsteigerung auf den Kläranlagen kommt daher weiterhin besondere Bedeutung zu.

Abb. 2: Klärgaserzeugung und Stromerzeugung aus Klärgas (Werte für 2012 geschätzt)



2.4 Spezifischer elektrischer Energieverbrauch

Für die Bewertung des Energieverbrauchs, der Schlammproduktion und der Gaserzeugung wird als maßgebende Kenngröße die mittlere Belastung zu Grunde gelegt. Diese wird aus der jährlichen Abwassermenge und den Jahresmittelwerten der Zulaufkonzentrationen berechnet. Datengrundlage hierfür sind die Ergebnisse der Eigenüberwachung von 2011. Die jeweiligen Einwohnerwerte werden hierauf aufbauend mit den spezifischen Werten aus dem DWA-Arbeitsblatt A-131, Tabelle 1 ermittelt.

Der spezifische Gesamtstromverbrauch wird mit den Richt- und Idealwerten des vom Umweltministerium in Nordrhein-Westfalen herausgegebenen Energiehandbuches verglichen (MURL-NRW, 1999).

Der Richtwert ist ein aus durchgeführten Energieanalysen und Bestandsaufnahmen an Kläranlagen über 10.000 Einwohnerwerten in Nordrhein-Westfalen abgeleiteter Wert, der realistisch erreicht werden kann. Der Idealwert ist demgegenüber ein theoretischer Wert, der anhand von Berechnungen an einer Modellanlage von 100.000 Einwohnerwerten (Stand 1999) unter optimalen Voraussetzungen erreicht werden kann. Die Ermittlung des Idealwertes erfolgte dabei für eine Anlage ohne thermische Klärschlamm-trocknung. Dies muss bei einer Bewertung beachtet werden.

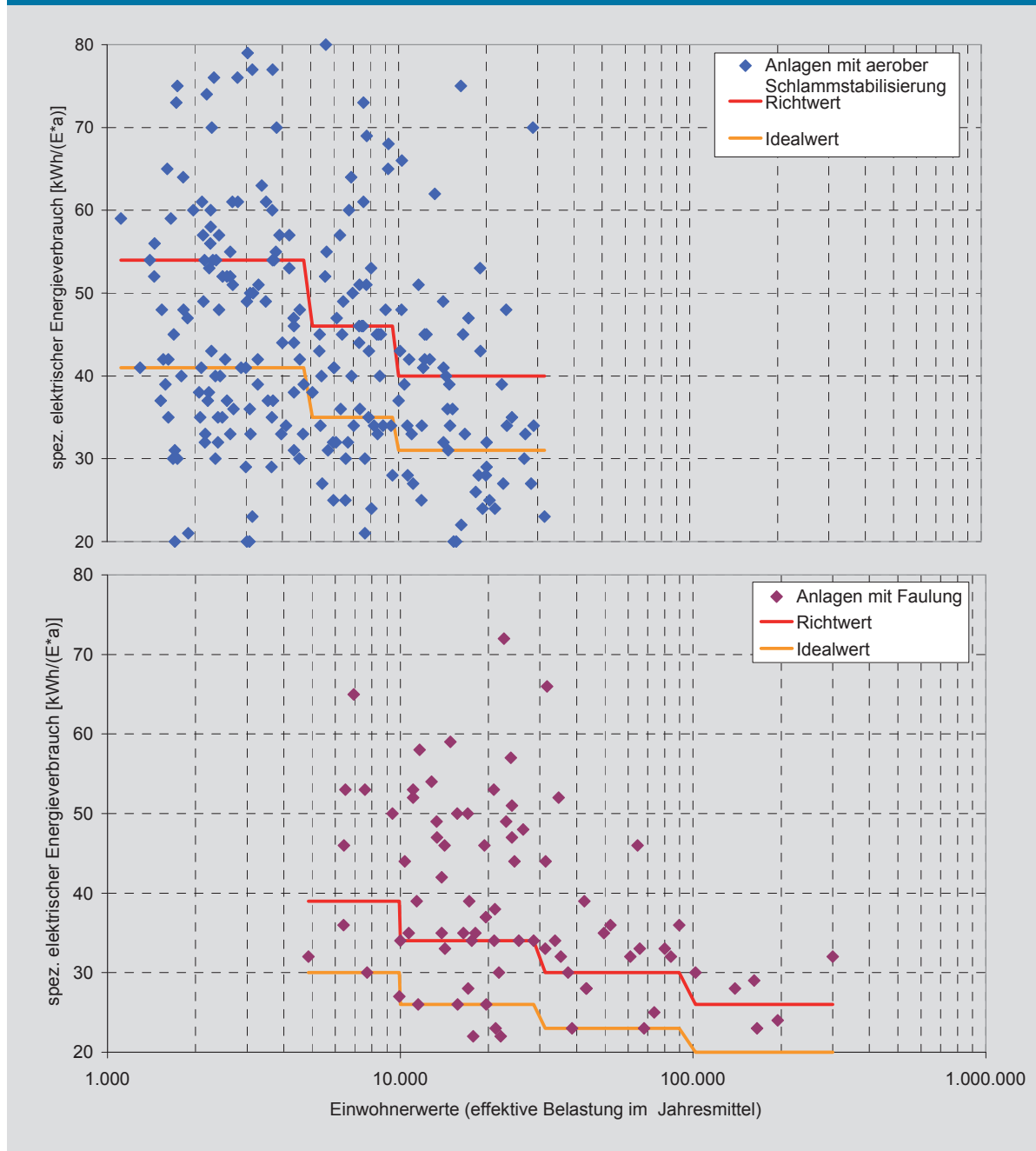
Tab. 3: Richt- und Idealwerte Energiehandbuch MUNLV-NRW, 1999 (angepasst)

	Spez. Gesamtstromverbrauch [kWh/(E*a)] der Anlage			
	Belebungsanlage mit Nährstoffentfernung und simultaner aerober Schlammstabilisation		Belebungsanlage mit Nährstoffentfernung und Faulung	
Kläranlagengröße	Richtwert	Idealwert	Richtwert	Idealwert
2.000 – 5000 E	54	41		
5.000 – 10.000 E	46	35	39	30
10.000 – 30.000 E	40	31	34	26
30.000 – 100.000 E			30	23
Über 100.000 E			26	20

Wie zu erwarten ergibt sich ein mit der Ausbaugröße sinkender spezifischer Verbrauchswert, der auf eine gleichmäßigere Belastung, eine bessere Staffellung von Aggregaten und den spezifisch sinkenden Anteil von Schlammbehandlung und Infrastruktur bei den größeren Kläranlagen

zurückzuführen ist. Erstaunlich ist hingegen, dass eine Vielzahl der kleineren Kläranlagen mit einer simultanen aeroben Schlammstabilisierung bereits heute nicht nur den Richtwert, sondern auch den Idealwert des Handbuchs von 1999 unterschreitet.

Abb. 3: Spezifischer elektrischer Energieverbrauch nach Art der Schlammstabilisierung



2.5 Einfluss der Weinbaukampagne

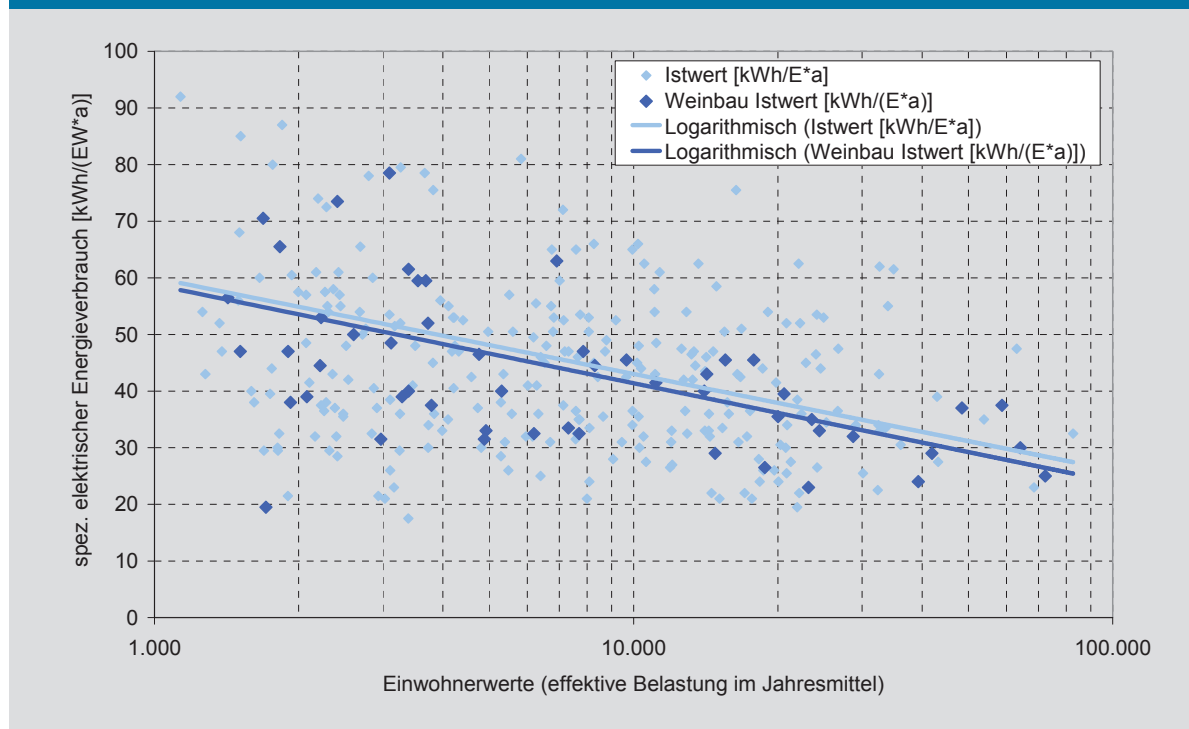
Die Kläranlagen mit Weinbaueinfluss verteilen sich überwiegend auf die Größenklassen 1 bis 3 sowie in geringem Umfang auch auf die Größenklasse 4. Insgesamt wurden hier 53 Kläranlagen mit Weinbaueinfluss ausgewertet. Im Mittel ergibt sich für diese Kläranlagen ein leicht niedrigerer spezifischer Energieverbrauch. Ursachen hierfür sind zum einen die erhöhte CSB-Belastung während der Kampagne, auf die der Gesamtverbrauch der Kläranlagen einschließlich Schlammbehandlung und Infrastruktur bezogen wird. Daneben ist zu beachten, dass sich mit steigendem Einfluss des Weinbaus an der Zulaufbelastung die Umsatzprozesse in der biologischen Stufe in Richtung Kohlenstoffelimination verschieben. Es wird vermehrt Biomasse in Form von Überschussschlamm gebildet, in die ein großer Teil der Stickstofffracht des Zulaufs eingelagert wird. Dies reduziert den Sauerstoffbedarf für die Nitrifikation bei manchen Kläranlagen teilweise bis

auf Null und es muss u. U. während der Kampagne zusätzlich Stickstoff der Kläranlage zugeführt werden.

Differenzierte Energiezahlen mit bzw. ohne Kampagnenbetrieb liegen nicht vor. Es ist aber davon auszugehen, dass die Kläranlagen mit hohem Weinbaueinfluss während der Kampagne gegenüber den hier berechneten Werten nochmals verringerte spezifische Verbrauchszahlen aufweisen. Der absolute Energieverbrauch unter Berücksichtigung der erhöhten Zulaufmengen wird durch den Weinbaueinfluss natürlich unabhängig hiervon insgesamt gesteigert.

Grundsätzlich gilt hier in besonderem Maße, den hohen Energieinhalt dieser Abwässer durch z.B. Co-Fermentation im Faulturm mittels Hol- und Bringsystem zu nutzen, statt unter hohem energetischen Aufwand zu „vernichten“. Weitergehende Informationen siehe [DWA-M773, 2012].

Abb. 4: Spezifischer elektrischer Energieverbrauch mit und ohne Weinbauanlagen



3. OPTIMIERUNGSPOTENZIAL FÜR RHEINLAND-PFALZ



3.1 Abschätzung des elektrischen Einsparpotentials nach Größenklassen

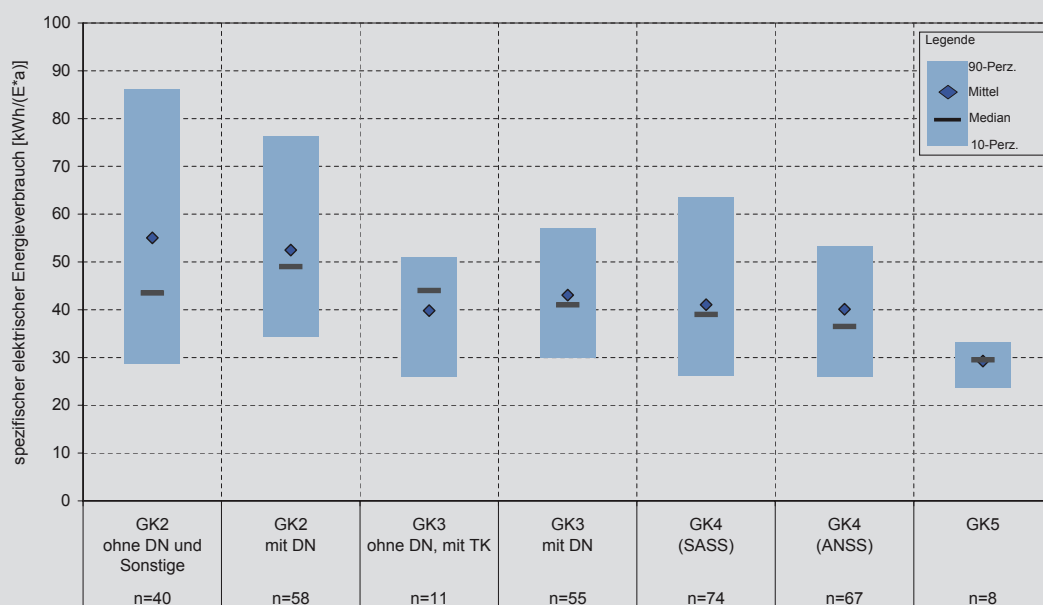
Für den spezifischen elektrischen Energieverbrauch lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Kleinere Kläranlagen weisen eine größere Schwankungsbreite der Verbrauchswerte auf. Bei den kleinen Kläranlagen treten zudem einige Sonderreinigungsverfahren mit stark variierendem Stromverbrauch auf.
- Kläranlagen mit Tropfkörper weisen erwartungsgemäß einen geringeren Verbrauch auf als Kläranlagen mit Belebungsverfahren in gleicher Größenordnung.
- Im Mittel liegt der spezifische Stromverbrauch der 313 erfassten Anlagen im Jahr 2011 bei 36 kWh/(E*a). Dieser niedrige Wert ergibt sich aus dem dominierenden Verbrauchsanteil der großen Kläranlagen.

Der Median und auch der Mittelwert für die Größenklasse 5 liegen bei 29 kWh/(E*a). Der Idealwert des Energiehandbuchs von 20 kWh/(E*a) wurde ohne das Verfahren der thermischen Trocknung berechnet. In der GK 5 haben 3 Kläranlagen eine thermische Trocknung. Ohne die thermische Trocknung beträgt der spezifische elektrische Energieverbrauch 28 kWh/(E*a), im Vergleich zum Idealwert beträgt das mittlere Einsparpotenzial 29 %. Hochgerechnet auf alle Kläranlagen ergibt sich ein Optimierungspotenzial für die Größenklasse 5 von insgesamt 9.700 MWh/a.

Die Anlagen der Größenklasse 4 werden unterschieden nach Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung (SASS) und mit anaerober Schlammstabilisierung (ANSS). Faulungsanlagen

Abb. 5: Verteilung des spezifischen elektrischen Energieverbrauchs nach Größenklassen



weisen gegenüber den Stabilisierungsanlagen energetische Vorteile auf, da zum einen der Energiebedarf für die Belüftung aufgrund des deutlich geringeren Schlammalters niedriger ist. Zum anderen wird der anfallende Überschussschlamm ausgefault, das entstehende Gas kann über Kraft-Wärme-Kopplung verwertet werden. Eine Vorklärung senkt den Stromverbrauch für die Belüftung zusätzlich. Da unterschiedliche Idealwerte in der GK 4 vorliegen, wird zusätzlich noch nach Anlagen mit 10.000 – 30.000 E sowie 30.000 – 100.000 E unterschieden.

Der mittlere spezifische Stromverbrauch der ANSS-Anlagen mit einer Ausbaugröße von 10.000 bis 30.000 E beträgt 43 kWh/(E*a). Im Vergleich zum Idealwert ergibt sich eine mittlere prozentuale Einsparung in Höhe von 40 %. Bei den ANSS-Anlagen ab 30.000 bis 100.000 E liegt der spezifische Stromverbrauch bei 37 kWh/(E*a); dies entspricht im Vergleich auf den Idealwert eine mittlere Einsparung in Höhe von 38 %. Über alle Kläranlagen dieser Größenordnung ergibt sich damit ein Optimierungspotenzial für die ANSS-Anlagen in der Größenklasse 4 von insgesamt 23.700 MWh/a.

Die Auswertung ergab für die SASS-Anlagen mit 10.000 bis 30.000 E einen mittleren spezifischen Stromverbrauch von 42 kWh/(E*a). Im Vergleich zum Idealwert ergibt sich eine mittlere prozentuale Einsparung in Höhe von 26 %. Für die Anlagen ab einer Kläranlagengröße von 30.000 E wurde ein mittlerer spezifischer Stromverbrauch von 34 kWh/(E*a) errechnet. Da für diesen Fall kein Idealwert vorliegt, wurde für die Ermittlung des Optimierungspotentials ein Wert von 28 kWh/(E*a) angewendet. Das Optimierungspotential liegt dann bei 18 %. Für die SASS-Anlagen ergibt sich ein Optimierungspotential von insgesamt 10.500 MWh/a.

In der Größenklasse 3 werden die Belebungsanlagen (GK 3 mit DN) mit gezielter Denitrifikation betrachtet, da nur für diesen Anlagentyp Richt- und Idealwerte vorliegen. Die GK 3 umfasst insgesamt 66 Kläranlagen. Von den 55 Kläranlagen, die mit gezielter Denitrifikation betrieben

werden, befinden sich 4 Faulungsanlagen. Der Energieverbrauch der GK3 mit DN beträgt im Mittel 43 kWh/(E*a). Das Optimierungspotenzial beträgt etwa 2.900 MWh/a.

In der GK 3 werden 11 Kläranlagen ohne gezielte Denitrifikation mit einem mittleren Energieverbrauch von 44 kWh/(E*a) betrieben. Die 4 Tropfkörperanlagen (GK3 TK) weisen einen noch geringeren mittleren Energieverbrauch von 36 kWh/(E*a) auf. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an eine gezielte Nährstoffelimination werden heute Tropfkörperanlagen nicht mehr gebaut.

In der Größenklasse 2 werden die Anlagen bewertet, die eine gezielte Denitrifikation aufweisen. Der Mittelwert liegt bei 52 kWh/(E*a). Damit liegt der Verbrauch zwischen Richt- und Idealwert. Zum Idealwert, der angestrebt werden sollte, besteht noch deutliches Optimierungspotenzial. Das Einsparpotenzial beträgt im Vergleich zum Idealwert 20 % bzw. 2.700 MWh/a.

Der mittlere Stromverbrauch für die Anlagen ohne gezielte Denitrifikation liegt geringfügig höher bei 55 kWh/(E*a). Zurückzuführen ist dies vermutlich auf den geringeren Sauerstoffrückgewinn aus der Denitrifikation und den hiermit höheren Luftbedarf dieser Kläranlagen. Zu beachten ist, dass bei diesen Anlagen auch die sonstigen Reinigungsverfahren wie Teichanlagen, Tropfkörperanlagen und Filtrationsanlagen mit enthalten sind.

Das theoretisch mögliche Einsparpotenzial über alle 4 Größenklassen beträgt zusammenfassend etwa 50.000 MWh/a. Bezogen auf den aktuellen Gesamtverbrauch im Jahr 2011 sind dies etwa 27 %. In der GK 2 und GK3 ist nur ein geringes Einsparpotenzial in Höhe von 5.600 MWh/a vorhanden. Das größte Einsparpotenzial ist in der Größenklasse 4 mit einem Anteil von 68 % vorhanden.

3.2 Steigerung der Energieeffizienz auf Kläranlagen der GK 4

Die Reduzierung des Gesamtstromverbrauchs einer Kläranlage lässt sich durch verfahrens- und maschinentechnische Maßnahmen erreichen. Insbesondere im Bereich der biologischen Stufe gibt es Einsparpotentiale durch die Anpassung verfahrenstechnischer/betrieblicher Kenngrößen wie Schlammalter, Sauerstoffsollwerte etc. sowie die verfahrenstechnische Umstellung. Bei den maschinentechnischen Maßnahmen wird durch den Austausch von Aggregaten der Wirkungsgrad verbessert und darüber Energie eingespart.

Durchgeführte Maßnahmen zeigen, dass insbesondere durch den Austausch von Belüftungselementen sowie der verfahrenstechnischen Umstellung auf intermittierende Denitrifikation eine deutliche Energieeinsparung erzielt werden konnte. Unter Kapitel 4.1 werden Beispiele dargestellt.

Ein weiterer Schwerpunkt der Steigerung der Energieeffizienz auf Kläranlagen der GK 4 liegt in der Erhöhung bzw. Einrichtung der Eigenstromerzeugung auf bestehenden ANSS-Anlagen sowie der Umstellung von SASS-Anlagen auf Schlammfäulung. Durchgeführte bzw. im Bau befindliche Maßnahmen werden im Kapitel 4.2 bis 4.4 dargestellt.

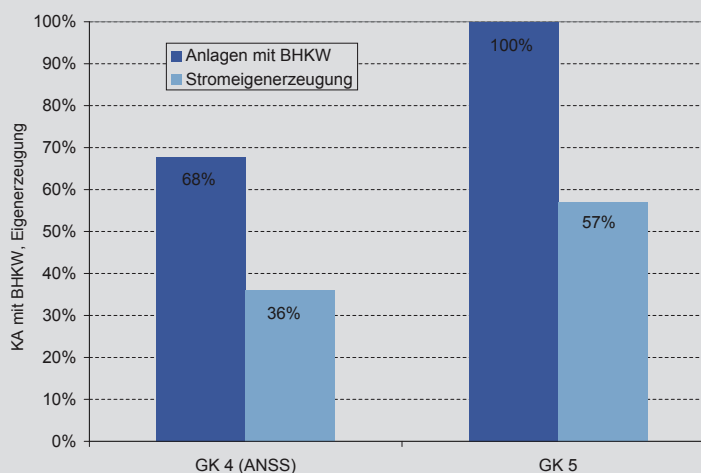
Weitergehende Informationen zu den verfahrenstechnischen – und maschinentechnischen Möglichkeiten einer Energieeinsparung sind in der Broschüre „Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen [MUFV; 2007]“ enthalten.

3.2.1 Erhöhung der Stromerzeugung auf ANSS-Anlagen

Auf einigen Kläranlagen der GK 4 mit ANSS ist eine Stromeigenerzeugung aus dem erzeugten Faulgas mittels BHKW- oder MGT-Anlage noch nicht umgesetzt.

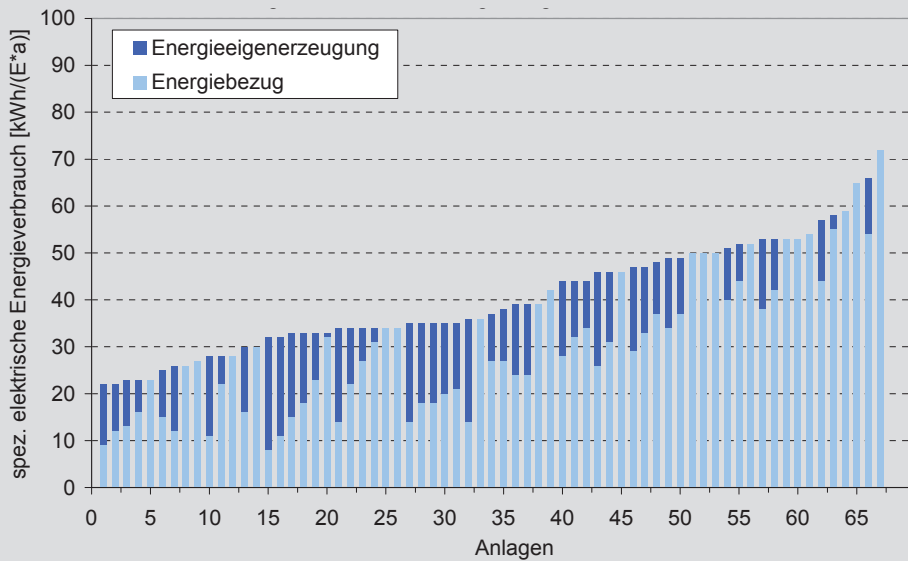
Unter den Kläranlagen mit BHKW-Nutzung gibt es bereits heute welche, die einen sehr niedrigen spezifischen Stromverbrauch aufweisen und dabei mehr als 50 % ihres Strombedarfs im BHKW produzieren. Auf der anderen Seite bestätigt die Auswertung nach Abbildung 7 das große Potenzial sowohl in der möglichen Optimierung des Energieverbrauchs als auch in der Energieeigenerzeugung in dieser Größenklasse.

Abb.6: Anteil der Kläranlagen mit BHKW und Stromeigenerzeugung



Die Kläranlagen mit BHKW in der GK4 weisen insgesamt einen mittleren Eigendeckungsgrad für Elektrizität in Höhe von 31% auf. Im Rahmen der Datenabfrage werden auch die genutzten Klärgasmengen, der Methangehalt und die Stromerzeugung erfasst. Diese Daten ermöglichen die Berechnung eines elektrischen Wirkungsgrads für jede einzelne Anlage. Im Mittel errechnet sich dieser zu 25%. Der minimale Wirkungsgrad liegt bei 16%, das Maximum bei 36%.

Abb. 7: Energieerzeugung und -gesamtverbrauch für GK 4 mit ANSS

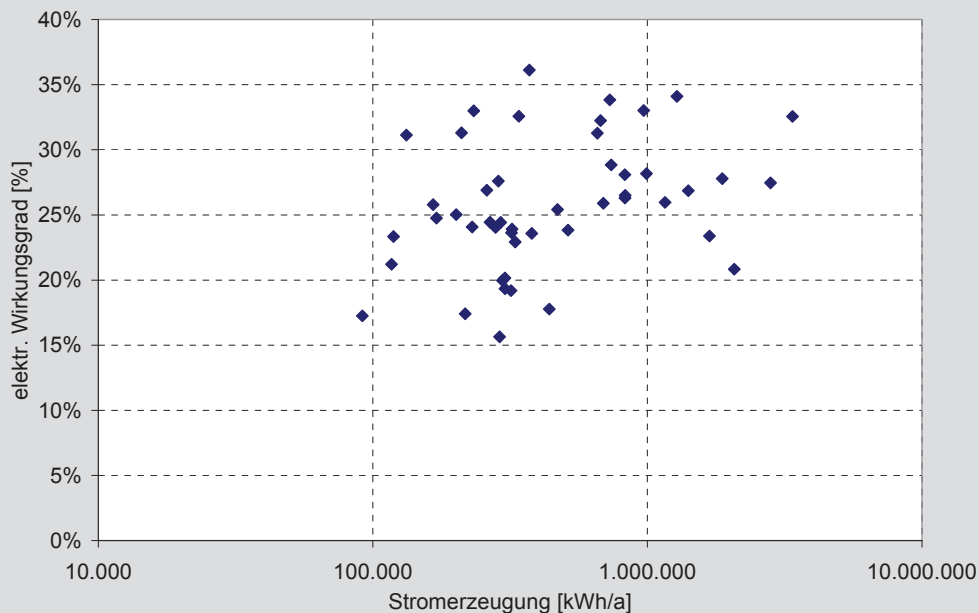


Die Daten geben allerdings keine Auskunft darüber, wie hoch der maximal mögliche Wirkungsgrad bei den einzelnen KWK-Anlagen ist. Üblicherweise werden die Anlagen auch im Teillastbetrieb gefahren, in dem der Wirkungsgrad stark abfallen kann. Dies erklärt die teilweise niedrigen Wirkungsgrade unterhalb von 25 %. Grundsätzlich scheint eine höhere Auslastung möglich bzw. besteht ein Potenzial zum Repowering, das jedoch im Einzelfall untersucht werden muss. Hierbei gilt es, die anfallende thermische Energie weitgehend und ganzjährig im nahen Umfeld zu nutzen.

Kläranlagen mit hoher Stromerzeugung bzw. hoher installierter Leistung weisen tendenziell auch einen höheren elektrischen Wirkungsgrad auf.

Positive Auswirkungen auf den Wirkungsgrad haben ein hoher Methangehalt, ein gleichmäßiger Vordruck und eine Gasreinigungseinheit. Bei

Abb. 8: Elektrischer Wirkungsgrad und Stromerzeugung in der GK 4 mit BHKW (n = 48)



geringem Gasanfall ist es sinnvoll, das BHKW auszuschalten und nicht bei gedrosselter Leistung zu betreiben.

Die wesentlichen Ansatzpunkte für eine Optimierung der Eigenerzeugung liegen in dem Nachrüsten von Kläranlagen mit Schlammfäulung, die bisher ohne BHKW betrieben werden, mit einer BHKW-Anlage sowie dem Ersatz älterer BHKW's durch moderne Anlagen mit erhöhtem elektrischem Wirkungsgrad. Hierbei sollte auf die öffentliche Förderung des BHKW-Austauschs durch das novellierte KWKG-Gesetz zurückgegriffen werden.

Neu errichtete Klein-KWK-Anlagen bis 50 kW_{el} erhalten nach dem KWKG (12.07.2012) für einen Zeitraum von 10 Jahren ab der Inbetriebnahme einen Zuschlag von 5,41 Ct/kWh. Neue KWK-Anlagen mit einer Anschlussleistung zwischen 50 und 250 kW erhalten für den Leistungsteil bis 50 kW 5,41 Ct/kWh, für den Leistungsanteil zwischen 50 und 250 kW einen Zuschlag von 4 Ct/kWh und für den Leistungsanteil über 250 kW einen Zuschlag von 2,4 Ct/kWh. Der Anspruch ist auf die Dauer von 6 Betriebsjahren bzw. auf max. 30.000 Vollbenutzungsstunden begrenzt. Hinzu kommt die Befreiung von der Stromsteuer für den selbst genutzten Strom. Die Stromsteuer beträgt zurzeit 2,05 Cent/kWh.

Das Optimierungspotenzial für die Nachrüstung mit BHKW's oder ähnlichen Aggregaten beträgt auf der Grundlage der derzeitigen für die Verstromung ungenutzten Gasmengen rund 5.800 MWh/a. Das insgesamt vorhandene Potenzial im Bereich der Erhöhung der Stromerzeugung bei vorhandenen ANSS-Anlagen ist allerdings wesentlich höher. So lässt sich die erzeugte Gasmenge bei diesen Anlagen durch unterschiedliche Maßnahmen steigern. Eine wichtige Möglichkeit ist die bessere Auslastung vorhandener Faultürme durch Annahme von Fremdschlamm im Rahmen eines interkommunalen Klärschlammmanagements oder durch die Annahme von geeigneten Co-Substraten. Weitere Möglichkeiten einer maßgeblichen Steigerung der Gasausbeute bestehen im Bereich der

Verbesserung des Aufschlusses der Substrate vor dem Faulturm durch eine geeignete Form der Desintegration und insbesondere auch im Bereich der Optimierung der Verfahrenstechnik von vorhandenen Faultürmen. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter [www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales Abwasser](http://www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales_Abwasser).

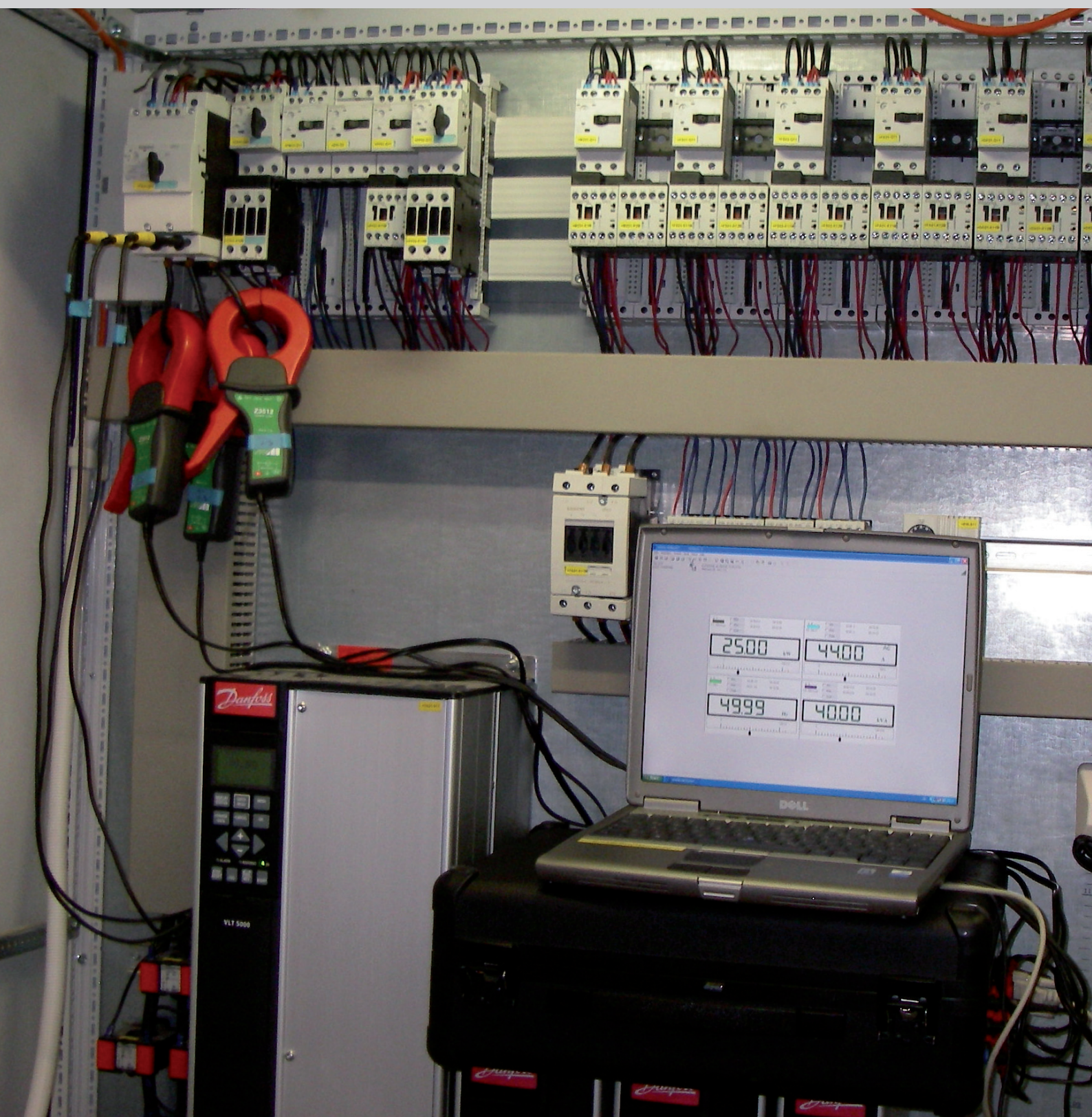
3.2.2 Umstellung von SASS-Anlagen auf Schlammfäulung

Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung weisen grundsätzlich einen höheren Energieverbrauch auf als Kläranlagen mit Schlammfäulung. Die Umrüstung auf eine separate Schlammfäulung erfordert umfassende bauliche Veränderungen, wie z. B. die Integration einer Vorklärung, einer Voreindickung, eines Faulbehälters, eines Gasspeichers und der KWK-Anlage.

Die energetischen Vorteile einer solchen Umrüstung sollen am Beispiel der Kläranlagen mit einer mittleren Anschlussbelastung ab 20.000 E aufgezeigt werden. Die Kläranlagen mit SASS verbrauchen im Mittel 34 kWh/(E*a). Durch die Umstellung auf Fäulung kann eine Einsparung von 5 kWh/(E*a) erwartet werden, das entspricht einem Optimierungspotenzial von rd. 2.500 MWh/a. Wird zusätzlich ein Anteil des anlagenspezifischen Stromverbrauchs von 40 % in einem BHKW aus dem Faulgas erzeugt, verbleibt ein spez. Verbrauch von 17 kWh/(E*a) als Fremdstrombezug. Der aus dem Faulgas erzeugte Strom könnte mit diesen Annahmen etwa 6.200 MWh/a betragen. Je nach Wirkungsgrad des BHKW und dem Gasertrag je EW lässt sich der aus Faulgas erzeugte Strom für Rheinland-Pfalz auf bis zu 7.800 MWh/a berechnen. Das entspricht mehr als 20 % des bereits erzeugten Stroms aus Faulgas (2011: ca. 38.000 MWh/a).

Weitergehende Informationen gibt das Projekt NAWAS [TU Kaiserslautern, 2011) unter [www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales Abwasser](http://www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales_Abwasser).

4. ENERGIEEINSPAR- UND OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN



4.1 Optimierung der biologischen Reinigungsstufe

Einbau von Membran-Belüfterplatten sowie Systemänderung zu intermittierender Denitrifikation mit Pfropfenströmung; Kläranlage Kaiserslautern (Ausbaugröße 210.000 E)



Auf der Kläranlage Kaiserslautern wurden die feinblasigen Membranbelüfter durch eine flächendeckende Belüftung mit hocheffizienten Plattenbelüftern ersetzt. Zusätzlich wurde die Betriebsweise von kaskadierter vorgeschalteter Denitrifikation auf Pfropfenströmung mit intermittierender Stickstoffelimination und alternierender Belüftung umgestellt. Hierdurch kann der Betrieb von Rührwerken und interner Rezirkulation vermieden werden. Die Umbaumaßnahmen fanden im Zeitraum von März bis November 2008 statt.

Durch die neue Betriebsweise wurde eine Energieeinsparung im Bereich der Turboverdichter von 40 % erzielt. Die 42 Rührwerke verursachten einen Stromverbrauch in Höhe von ca. 420 MWh/a, der zusätzlich eingespart wird. Das

garantierte Reinigungsziel $N_{ges} < 10 \text{ mg/l}$ wird sicher eingehalten.

Der Austausch der Turboverdichter für den Schwachlastbetrieb gegen Hybrid-Gebläse ergab eine zusätzliche Reduzierung des Energiebedarfs für die Prozessluftherzeugung um 180 MWh/a.

Durch die durchgeführten Maßnahmen konnte der spezifische Stromverbrauch von 41 auf 24 kWh/(E*a) reduziert werden, die Amortisationszeit liegt bei 3-4 Jahren.

Weitere positive Effekte der durchgeführten Maßnahmen sind insbesondere: entfallene Instandhaltungs- und Wiederbeschaffungskosten der Rührwerke, verfahrensbedingt zu keiner Jahreszeit Probleme mit Fadenbakterien und Schaumbildung auf den Belebungsbecken und im

Faulbehälter, Verbesserung des Schlammindex, stark reduzierte Schwimmschlamm-Bildung auf den Nachklärbecken, bessere Stabilisierung des Schlammes im Faulbehälter, Steigerung der Entwässerbarkeit des Faulschlammes.

Aufgrund der positiven Erfahrungen auf der Kläranlage Kaiserslautern wurden u.a. auf den Kläranlagen Olsbrücken (Ausbaugröße 3.700 E), Bad Reichenhall (Ausbaugröße 55.000 E) sowie Kirrweiler (Weinbaukampagneinfluss, Ausbaugröße 20.000 E) ebenfalls Membran-Belüfterplatten installiert sowie die Betriebsweise auf intermittierende Stickstoffelimination mit

Pfropfenströmung umgestellt. Auch die Kläranlagen Trippstadt (5.800 E) und Höheinöd (2.200 E) sollen in Kürze nach diesem System umgebaut werden.

Der Anteil der Stromeigenerzeugung auf der Kläranlage konnte, rein systembedingt, von 45 % auf rd. 72 % gesteigert werden. Der Anteil von mitbehandelten Klärschlämmen aus umliegenden Kläranlagen blieb unverändert bei ca. 15 % TR. Durch den Einsatz effektiverer BHKW in 2013 soll die Stromerzeugung weiter gesteigert werden.



Einbau von Membran-Belüfterplatten, Systemänderung in intermittierende Denitrifikation sowie Regelung mit Fuzzy-Regler; Kläranlage Traben-Trarbach (Weinbaukampagneinfluss, Ausbaugröße 22.000 E)

Auf der Kläranlage Traben-Trarbach war die Erneuerung der Belüftung erforderlich. Neben dem Kampagnenbetrieb musste der Einfluss eines größeren Weinbaubetriebes, der über die Woche ganzjährig einleitet, bei den Maßnahmen berücksichtigt werden. Insbesondere am Wochenende musste Kohlenstoff zudosiert werden, um eine ausreichende Denitrifikation sicherzustellen.

Die Betriebsweise wurde von vorgeschalteter auf intermittierende Denitrifikation umgestellt. Alle Rührwerke wurden entfernt und die vorhandene Belüftung durch Membran-Belüfterplatten ersetzt. Zur kontrollierten Strömungsführung wurden zusätzlich weitere Trennwände installiert. Die Regelung der Nitrifikation/Denitrifikation, Umwälzung und P-Elimination übernimmt dabei ein Fuzzy-Regler. Weiterhin wurde das

Prozessleitsystem aktualisiert. Nach Umsetzung der Maßnahmen bis September 2011 zeigten sich deutliche Verbesserungen im Energieverbrauch und in den Ablaufwerten. So konnte der Energieverbrauch bis Mai 2012 um durchschnittlich 37 % reduziert werden, die N_{anorg} -Ablaufwerte liegen konstant unter 3 mg/l. Auch ist eine Kohlenstoffdosierung nicht mehr erforderlich.

Durch die durchgeführten Maßnahmen konnte der Stromverbrauch von durchschnittlich ca. 45.000 kWh/Monat auf ca. 28.000 kWh/Monat reduziert werden. Die Amortisationszeit liegt ohne Verrechnung mit der Abwasserabgabe bei ca. 4 Jahren. Aufgrund der erfolgten Verrechnung mit der gezahlten Abwasserabgabe der letzten drei Jahre hat sich die Maßnahme bereits nach einem Jahr amortisiert.

Anpassung des Schlammalters und der Sauerstoffkonzentration; Kläranlage Speyer (Ausbaugröße 95.000 E)



Im Jahr 2007 wurde für die Kläranlage Speyer eine Energieanalyse im Rahmen des Modellprojektes „Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen“ durchgeführt. Als Optimierungsmaßnahmen wurden in der Biologie insbesondere die Anpassung des Schlammalters und der O_2 -Konzentration sowie die Reduzierung des spezifischen Stromverbrauchs der Gebläse durch Umstellung von Druckkonstant- auf Gleitdruckregelung und Hinzunahme kleiner Gebläse vorgeschlagen.

Nachdem in 2007 die technischen Voraussetzungen für die Reduktion des TS-Gehaltes in den Belebungsbecken durch den Ersatz der Kammerfilterpresse durch Zentrifugen mit höherem Durchsatz geschaffen wurden, konnte bei der Belüftung eine Einsparung von 340 MWh/a elektrischer Energie erzielt werden. Nach Erneuerung des Prozess-Leitsystems in 2011/2012 können die weiteren Maßnahmen angegangen werden.

4.2 Erhöhung der Eigenstromerzeugung auf Anlagen mit Faulung

Neubau eines BHKW < 50 kW elektrisch; Kläranlage Daun (Ausbaugröße 22.500 E)



Auf der Kläranlage Daun mit einer mittleren Zulaufbelastung von 15.000 EW_{CSB} konnte aufgrund gestiegener Energiekosten, geänderter Förderprogramme (KWK-ModG) und einem Entwicklungsfortschritt bei kleinen

Blockheizkraftwerken ein wirtschaftlicher Betrieb eines BHKW nachgewiesen werden. Auf der Anlage kommt seit 2011 ein drehzahlmoduliertes BHKW mit 20 kW elektrischer und 30 kW thermischer Leistung zum Einsatz. Die Anlage wird

als Klein-KWK-Anlage betrieben und erhält damit nach dem KWK-ModG für einen Zeitraum von 10 Jahren ab der Inbetriebnahme einen Zuschlag von 5,11 Ct/kWh. Hinzu kommt die Befreiung von der Stromsteuer für den selbst genutzten Strom.

Es können damit im Mittel rund 26 % des Strombedarfs und fast 98 % des Wärmebedarfs erzeugt werden. Die Einsparung bei den Energiekosten beträgt rund 19.200 €/a, die Amortisationszeit liegt bei 5 Jahren.



Steigerung der Klärgaserzeugung durch Desintegration; Kläranlage Oppenheim (Ausbaugröße 25.200 E)

Auf der Kläranlage Oppenheim wird seit 2005 eine Anlage zur mechanischen Desintegration des Primär- und Überschussschlammes betrieben. Die Einbindung des Systems erfolgte zwischen dem Voreindicker und den Faulbehältern. Das in einem Standardcontainer installierte System besteht aus einem Drehwirbel-desintegrator und einem Desintegrator, der nach dem hydrodynamischen Wirkprinzip arbeitet. Die Durchsatzleistung wird der jeweils zu desintegrierenden Menge an Klärschlamm angepasst.

Die im 8-monatigen Versuchsbetrieb ermittelten Vorteile konnten im langfristigen Betrieb bestätigt werden. So konnte eine Verbesserung des biologischen Abbaus der organischen Feststoffe in der Faulung um ca. 13 % und damit eine Erhöhung des Faulgasanfalls um ca. 20 % erreicht werden. Der Schlammanfall konnte um ca. 14 % reduziert, die Eindickfähigkeit von ca. 6 % auf ca.

8 % TR erhöht werden. Einflüsse auf eine mögliche Verminderung der Schaumbildung in der Faulung (Zugabe von hochkonzentriertem Weinabwasser) konnten nicht festgestellt werden. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ergab bei Aufwendungen von ca. 29.000 €/a und Ersparnissen von ca. 40.000 €/a einen wirtschaftlichen Vorteil von ca. 11.000 €/a, die Amortisationszeit liegt bei 10 Jahren. Die Wirtschaftlichkeit liegt dabei primär an der reduzierten Menge des zu entsorgenden Klärschlammes.

Neben den monetär berechenbaren Vorteilen hat der Betrieb der Desintegration weitere positive Effekte: So haben Störungen durch Verzopfung im Schlammkreislauf durch die homogenere Schlammstruktur abgenommen. Durch den erhöhten Abbau der organischen Masse ergeben sich geringere Geruchsbelästigungen beim Lagern und Ausbringen des Klärschlammes.

Steigerung der Klärgaserzeugung durch Co-Fermentation; Kläranlage Bitburg-Ost (Ausbaugröße 25.000 E)



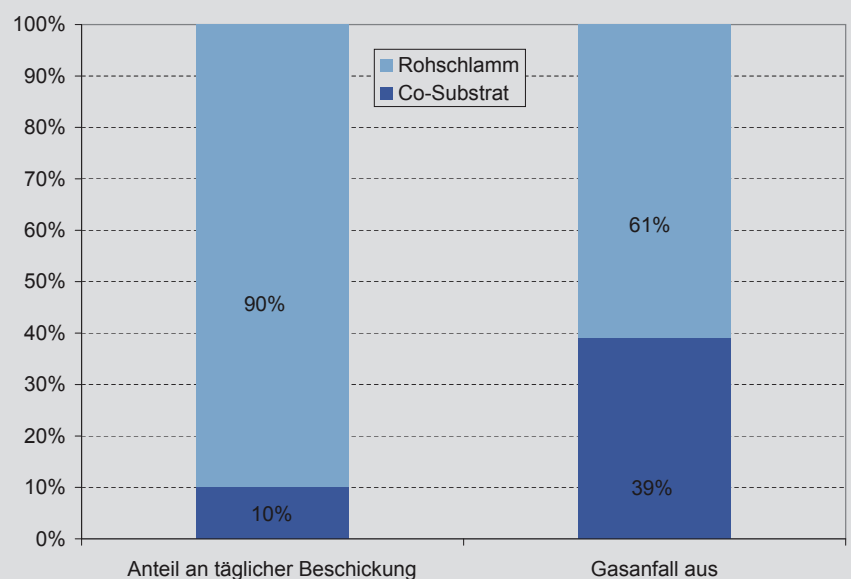
Nach Optimierung des Anlagenbetriebes bis 2008 wurde 2009 mit den ersten Pilotversuchen zur Steigerung und Vergleichmäßigung des Gasanfalls im Faulturm der Kläranlage – unter Zugabe verschiedener Co-Substrate – begonnen, mit dem Ziel, den Strombedarf für den Grundlastbetrieb der Kläranlage als Energiemix aus örtlich verfügbaren Ressourcen zu decken. In 2010 wurden unter Berücksichtigung der Pilotversuche eine Co-Substrat-Annahmestation (Erdbunker, unbeheizt) mit 35m³ Fassungsvermögen sowie ein Blockheizkraftwerk errichtet, das zum Jahreswechsel 2010/2011 in Betrieb ging. Als Co-Substrate werden Fette, Milch sowie Enteisungswasser eines Flugplatzes (CSB-Mittel ca. 140.000 mg/l) verwandt. Die Beschickung des Faulturms (V=2.400 m³) erfolgt im Mittel mit ca. 40 m³/d Rohschlamm und 3,5 m³/d Co-Substrat, der Anteil der Co-Substrate am Klärgasanfall beträgt mittlerweile 39 %.

Im Jahr 2012 hat das BHKW einen weitgehend geordneten Betrieb erreicht. Der Wärmebedarf der Kläranlage kann vollständig gedeckt werden, der Anteil der Stromeigenerzeugung durch das BHKW beträgt mittlerweile 65 %.

Die Kläranlage befindet sich auch mit der mittels Photovoltaik

erzeugten Energie auf dem Weg zur Energieautarkie. Eine Steigerung der Gasproduktion und somit auch der Stromerzeugung durch vermehrte Co-Substratzugabe wäre auf Grund freier Faulraumkapazitäten noch möglich, wobei dann die ökologisch sinnvolle Kraft-Wärme-Kopplung in den Hintergrund treten würde. Es ist angestrebt, mit dem vorhandenen BHKW und 8.000 Volllast-Betriebsstunden rund 83 % des benötigten Stromeigenbedarfs zu erzeugen. Zuzüglich der 11 % Stromerzeugung mittels der Photovoltaik-Anlagen (bilanziell) könnten somit bereits 94 % des elektrischen Eigenbedarfs abgedeckt werden.

Abb. 9: Co-Substratzugabe und Gasanfall, KA Bitburg-Ost



4.3 Umstellung von Stabilisierungsanlage auf Schlammfäulung



Umstellung von Stabilisierungsanlage auf Schlammfäulung; Kläranlage Linz-Unkel (Ausbaugröße 30.000 E)

Die Kläranlage Linz-Unkel wurde in den Jahren 2010 und 2011 von simultaner aerober Schlammstabilisierung auf eine Schlammfäulung mit anschließender Klärgasverstromung mittels Mikrogasturbine umgebaut. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und eines höheren Abbaus an organischer Substanz wurde eine 2-straßige Faulbehälteranlage, in Kompaktbauweise mit quadratischem Grundriss, konzipiert. Die Anlage wurde so geplant, dass im Regelfall ein 2-stufiger Betrieb möglich ist. Bei gleicher Faulzeit von etwa 20 Tagen (10 d + 10 d) ergibt sich für die zweistufige Fäulung ein um ca. 10 % höherer Abbau an organischer Substanz bei gleichzeitig höherem Gasanfall. Zur Gasspeicherung kommt ein kostengünstiger Gasmembranbehälter zum Einsatz. Im Rahmen einer umfangreichen Kostenvergleichsberechnung wurde die Wirtschaftlichkeit der Umrüstung der Verfahrensführung nachgewiesen.

Bei den Umbaumaßnahmen konnte ein vorhandenes Anaerobbecken zu einem Vorklärbecken umgebaut werden. Durch die Reduzierung des Schlammalters von mehr als 25 d auf ca. 12 bis 15 d konnte eines der beiden Belebungsbecken stillgelegt werden. Zusätzlich wurden die vorhandenen Schlauchbelüfter durch Membranbelüfterplatten ersetzt. Dadurch kann auf den Einsatz von Rührwerken verzichtet werden.

Nach dem Beginn des Probebetriebes im August 2011 konnte Anfang 2012 in den regulären Betrieb mit Nutzung des Klärgases über die Mikrogasturbine übergegangen werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass der Energiefremdbezug der Kläranlage von i. M. 73.000 kWh/Monat durch die Verfahrensumstellung und die hieraus resultierende Eigenstromerzeugung auf rd. 35.000 kWh/Monat reduziert werden konnte. Der Anteil der Eigenstromerzeugung liegt bei rd. 50 %.

Weiterhin ist aus dem Vergleich der zu entsorgenden Klärschlammengen im Betriebsjahr 2012 mit dem Vergleichsjahr 2010 von einer Reduzierung um mehr als 35 % auszugehen.

Für 2012 wird eine Betriebskosteneinsparung von rd. 145.000 €/a prognostiziert. Die Kosten der Maßnahme werden durch die resultierenden betrieblichen Einsparungen gedeckt. Bezieht man die Landesförderung mit ein und die prognostizierte Steigerung der Energiekosten, so hat die Maßnahme heute schon einen deutlichen Kostenvorteil.

4.4 Interkommunales Klärschlammbehandlungszentrum

Interkommunales Klärschlammbehandlungszentrum; Kläranlage Selters (Ausbaugröße 11.500 E, Schlammbehandlung 34.700 E)



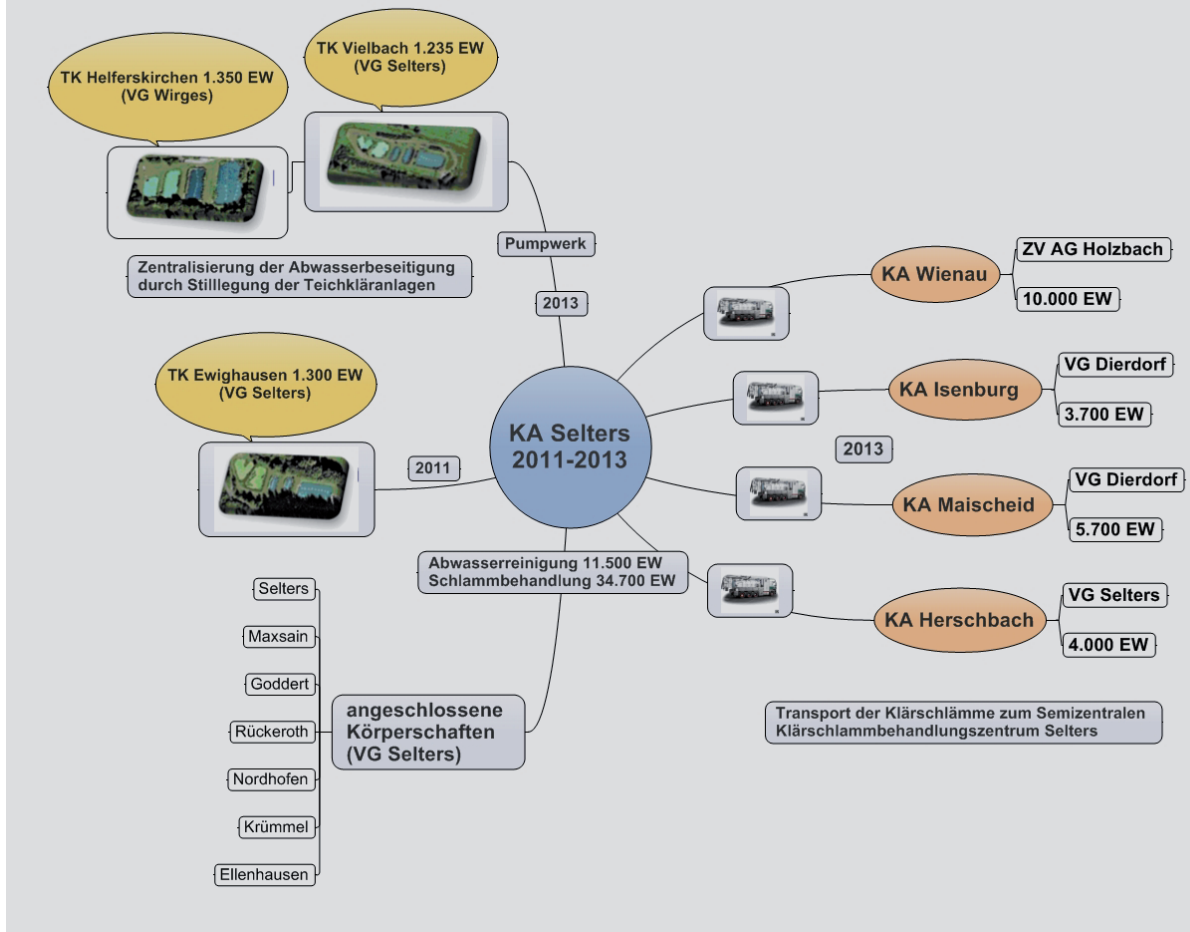
Auf der Kläranlage Selters wurde durch den Anschluss von Teichkläranlagen eine Erweiterung der Anlage von derzeit 8.500 E auf 11.500 E erforderlich. Im Zuge einer Kostenvergleichsrechnung wurde dabei die Wirtschaftlichkeit für die Umstellung von der aeroben Simultanstabilisierung auf eine Schlammfäulung nachgewiesen. Im Rahmen einer betrieblichen Kooperation erfolgt der Umbau der Kläranlage zu einem interkommunalen Schlammbehandlungszentrum. Die neu entwickelte Kompaktfäulung wird mit einer Ausbaugröße von 34.700 E so ausgeführt, dass auch die Schlämme verschiedener selbständiger Nachbarkläranlagen zentral mitbehandelt werden können. Die ehemals aeroben Stabilisierungsanlagen der Nachbarkommunen werden mit geringeren Schlammaltern als „Satellitenanlagen“ mit der alleinigen Aufgabe der Abwasserreinigung betrieben. Die nicht stabilisierten Schlämme werden maschinell voreingedickt und der Kläranlage Selters zur weiteren Behandlung zugeführt. Das entstehende Faulgas wird energetisch genutzt.

Durch die Reduzierung des Schlammalters ergibt sich ein energetisch günstigerer Betrieb der (ehemaligen) Stabilisierungsanlagen. Weitere Vorteile sind: Entlastung der Nachklärung auf den Stabilisierungsanlagen durch einen verringerten TS-Gehalt; Stilllegung des ggfs. freierwendenden Beckenvolumens der Belebung zur Energieeinsparung bzw. alternativ zum Anschluss weiterer Ortschaften / Einwohner.

Nach Abschluss der Maßnahmen Anfang 2013 liegt die Ausbaugröße der Kläranlage Selters im Wasserweg bei 11.500 E und in der Schlammbehandlung bei 34.700 E. Neben dem Bau einer Fäulungsanlage ist nur der Neubau eines Vorklärbeckens sowie eines Zwischenhebewerks erforderlich. Die Klärschlammbehandlung erfolgt in einem 2-stufigem Kompaktfäulbehälter mit rechteckigem Grundriss.

Durch die Umstellung wird auf allen beteiligten Anlagen eine Energieeinsparung von insgesamt rund 200 MWh/a prognostiziert. Gleichzeitig wird aus der Faulgasverstromung ein Energiegewinn von 400 MWh/a erwartet. Die Stromerzeugung soll den Gesamtenergiebedarf der Kläranlage Selters decken.

Abb. 10: Prinzipschema zur Umsetzung des interkommunalen Schlammbehandlungszentrums



5. HANDLUNGSEMPFEHLUNG UND AUSBLICK

Die Auswertung zeigt noch ein deutliches Potenzial bei der Optimierung des Energieverbrauchs und der Eigenerzeugung von Energie auf kommunalen Kläranlagen in Rheinland-Pfalz auf. Die wichtigen Werte für eine Beurteilung des energetischen Zustandes einer Kläranlage lassen sich vergleichsweise schnell ermitteln (Energiecheck). Für Kläranlagen mit Defiziten bzw. bei vermutetem zu hohem Stromverbrauch wird grundsätzlich die Durchführung einer detaillierten Energieanalyse empfohlen. Hilfestellung bietet das Anfang 2013 im Gelbdruck vorliegende [DWA A-216, 2013] „Energieanalysen von Abwasseranlagen“.

Es ist vorgesehen, diese Energieanalysen durch die wasserwirtschaftliche Förderung deutlich zu bezuschussen, da die Förderrichtlinien des Landes Rheinland-Pfalz aktuell verstärkt auf die finanzielle Unterstützung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ausgerichtet werden.

Die Auswertung ergab ein Einsparpotenzial in Höhe von 50.000 MWh/a, das durch energetische und damit verbundene verfahrenstechnische Optimierungen realisiert werden kann.

Hinzu kommt eine mögliche Erhöhung der Energieerzeugung auf Kläranlagen. Hier ist zum einen die Nachrüstung eines BHKW bzw. einer Mikrogasturbine auf allen noch nicht mit der KWK-Technik ausgestatteten 24 Faulungsanlagen in den kommenden Jahren geplant. Daneben sind die genannten umfangreichen Möglichkeiten der

Erhöhung der Gaserzeugung bei vorhandenen Faulungsanlagen zu nutzen. Bei mehreren Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung ist die Umstellung auf Faulung mit Stromerzeugung bzw. die Nutzung des Klärschlammes in einem interkommunalen Klärschlammbehandlungszentrum vorgesehen oder bereits in der Umsetzung. Dies ist ein aktiver Beitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs und den damit verbundenen Emissionen. Im Rahmen der Energieanalyse kann die Wirtschaftlichkeit einer solchen Umstellung von aerober auf anaerobe Schlammstabilisierung einfach berechnet werden. Hilfestellung bietet hier das NAWAS Projekt der TU Kaiserslautern.

Neben den unter Kapitel 4 steckbriefartig beschriebenen Beispielkläranlagen wird auf die Internetseite [www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales Abwasser](http://www.wasser.rlp.de/Gewässerschutz/Kommunales_Abwasser) hingewiesen. Dort werden kontinuierlich neue Beispielprojekte eingestellt.

Sollte zukünftig eine Spurenstoffelimination als 4. Reinigungsstufe gefordert werden, so ist von einem Anstieg des Energieverbrauchs auszugehen. Umso mehr ist eine energetische Optimierung gefordert, um den Anstieg bei den Stromkosten in Grenzen zu halten.

Ein weiteres Feld ist die Schlamm Entsorgung. Die nur begrenzt vorhandene Ressource Phosphor fordert die P-Rückgewinnung, die z. B. aus mono-verbrannten Klärschlämmen erfolgen kann. Die P-Rückgewinnung wird notwendig und ist abhängig von einem möglichen zukünftigen Verbot der stofflichen Klärschlammverwertung.

Dass für Rheinland-Pfalz ausreichend potenzielle Verbrennungskapazität vorhanden wäre, wurde bereits nachgewiesen [TU Kaiserslautern, 2007]. Es könnten sämtliche kommunalen Klärschlämme in verschiedenen Verbrennungsanlagen, Zementwerken und Kohlekraftwerken verbrannt bzw. mit verbrannt werden.

Da der Phosphor für den Stoffkreislauf durch eine Mitverbrennung allerdings für immer verloren geht, ist sie nicht nachhaltig und kann daher allenfalls eine Übergangslösung für bestimmte Einzelfälle darstellen. Daher können in Rheinland-Pfalz die Klärschlämme, die vergleichsweise gering belastet sind und die gesetzlichen Vorgaben einhalten, noch in der Landwirtschaft stofflich verwertet werden.

Wichtige Grundlage für eine Ausweitung der Klärschlammverwertung in Monoverbrennungsanlagen oder in geeigneten alternativen thermischen Verfahren ist auch eine Optimierung der Vorbehandlung inklusive der Schlamm-trocknung. Die erzeugte Klärschlamm-asche kann dann zukünftig für eine Phosphor-Rückgewinnung genutzt werden. Eine für die Energiebilanz neutral wirkende Schlamm-trocknung wäre über die Faulgasgewinnung aus Co-Substraten möglich. Faulgas oder Energie aus Abwasserwärme könnte eine solare Trocknung unterstützen.

Als Ausblick für künftige Entwicklungen wird das Konzept „Power-to-Gas“, das bisher noch als visionär gilt, als hochinteressant eingeschätzt. Zur Lösung des nach wie vor größten Problems im Energiesektor - nämlich der Speicherung von Energie - könnte es einen wichtigen Beitrag liefern.

Mit überschüssigem Strom aus erneuerbarer Energie, der bereits heute häufig anfällt, kann am Standort großer Klär- / Biogasanlagen mittels Elektrolyse zunächst Wasserstoff hergestellt werden. Mit dem „Abfallprodukt“ CO₂, das bei der Klär-/Biogasantstehung ohnehin anfällt, wird dieser Wasserstoff anschließend in Methan umgewandelt. Die „Nebenprodukte“ Sauerstoff und Wärme können in der Kläranlage wiederum direkt genutzt werden, während das gereinigte Methan aus dem Faulturm und das zusätzlich synthetisch erzeugte Methan in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Mit steigendem Anteil an erneuerbaren Energien bei der Stromversorgung könnten so künftig im Erdgasnetz riesige Energiemengen an „Bioerdgas“ zwischengespeichert und vorzugsweise zu Heizzwecken und dem Betanken von Fahrzeugen genutzt werden. In Deutschland und auch in Rheinland-Pfalz sind zurzeit erste Pilot- und Demonstrationsanlagen im Bau bzw. in Betrieb.

Abb. 11: Prinzipschema Kläranlage mit „Power-to-Gas“



6. LITERATUR

- DWA-A 216 [2013]
Energieanalysen von Abwasseranlagen, Gelbdruck
- DWA-M 773 [2012]
Abwasser aus der Weinbereitung, Juli 2012
- Fraunhofer IWES [2011]
Motivation zur Energiespeicherung und aktuelle Entwicklungen bei Power-To-Gas, Vortrag von M. Sterner, M. Jentsch, T. Trost, DBI-GUT Power-To-Gas, 2. Fachtagung, 13.9.2011, Berlin
- StaLa RLP [2011]
Öffentliche Klärschlamm Entsorgung, Statistisches Landesamt Bad Ems 2011
- TU Kaiserslautern [2007]
Perspektiven einer zukunftsfähigen Klärschlamm Entsorgung in Rheinland-Pfalz, Schlussbericht, 2007
- TU Kaiserslautern [2011]
NAwAS; Neubewertung von Abwasserreinigungsanlagen mit anaerober Schlammbehandlung vor dem Hintergrund der energetischen Rahmenbedingungen und der abwassertechnischen Situation in Rheinland-Pfalz
- MUFV RLP [2007]
Ökoeffizienz in der Wasserwirtschaft – Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen, Bearbeitung durch tectraa und WiWmbH
- MUFV RLP [2009]
Benchmarking Wasserwirtschaft, Öffentlicher Abschlussbericht Benchmarking Rheinland-Pfalz
- MULEWF RLP [2011]
Stand der Abwasserbeseitigung in Rheinland-Pfalz, Lagebericht 2010
- MULEWF RLP [2012]
Benchmarking Wasserwirtschaft, Öffentlicher Abschlussbericht Benchmarking Rheinland-Pfalz für das Erhebungsjahr 2010
- MURL NRW [1999]
Handbuch Energie in Kläranlagen



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,
ERNÄHRUNG, WEINBAU
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

Poststelle@mulewf.rlp.de
www.mulewf.rlp.de