

# Der Energieverbrauch österreichischer Kläranlagen

Stefan Lindtner, Fiona Vohryzka

Ingenieurbüro kaltesklareswasser, 1020 Wien

**Abstract:** Die effiziente Nutzung energetischer Ressourcen ist gegenwärtig von großem Interesse, weshalb auch im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft die Steigerung der Energieeffizienz ein wesentliches Thema darstellt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Energieverbrauch von österreichischen Kläranlagen und zeigt Potentiale und Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz von Kläranlagen auf. Auf Basis der Daten des Kläranlagenleistungsvergleiches der vom Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) organisierten Kläranlagennachbarschaften, können hochrepräsentative Daten ausgewertet werden, welche einen sehr guten Überblick über den Energieverbrauch von Kläranlagen in Österreich ermöglichen. Ergänzend und vertiefend dazu stehen den Autoren die Daten des ebenfalls vom ÖWAV organisierten Kläranlagenbenchmarkings zur Verfügung. Diese Daten geben vor allem für Kläranlagen > 5.000 EW-Ausbau auch einen Einblick in den Energieverbrauch einzelner Prozesse einer Kläranlage. Auf Basis dieser beiden Datenquellen wird dann eine Berechnung von Einsparpotentialen österreichischer Kläranlagen getroffen. Abschließend wird die grundsätzliche Vorgangsweise bei der Energieoptimierung von Kläranlagen zusammenfassend dargestellt und ein praxisnahes Berechnungsbeispiel, wie eine Kläranlage mit Faulung „energieautark“ betrieben werden kann, vorgestellt.

**Key Words:** Energieverbrauch, Kläranlagen, Benchmarking, Kosten

## 1 Einleitung

Der Energieverbrauch – und damit die Energiekosten – einer Kläranlage entspricht der Summe aus elektrischem und fossilem Energiebedarf (Öl, Gas). Im Wesentlichen werden die Energiekosten von den Kosten für elektrische Energie dominiert. Diese Kosten wiederum resultieren aus dem elektrischen Energieverbrauch, dem durchschnittlichen Preis je zugekaufter Kilowattstunde sowie dem Anteil des auf der Anlage produzierten elektrischen Stromes am gesamten elektrischen Energieverbrauch.

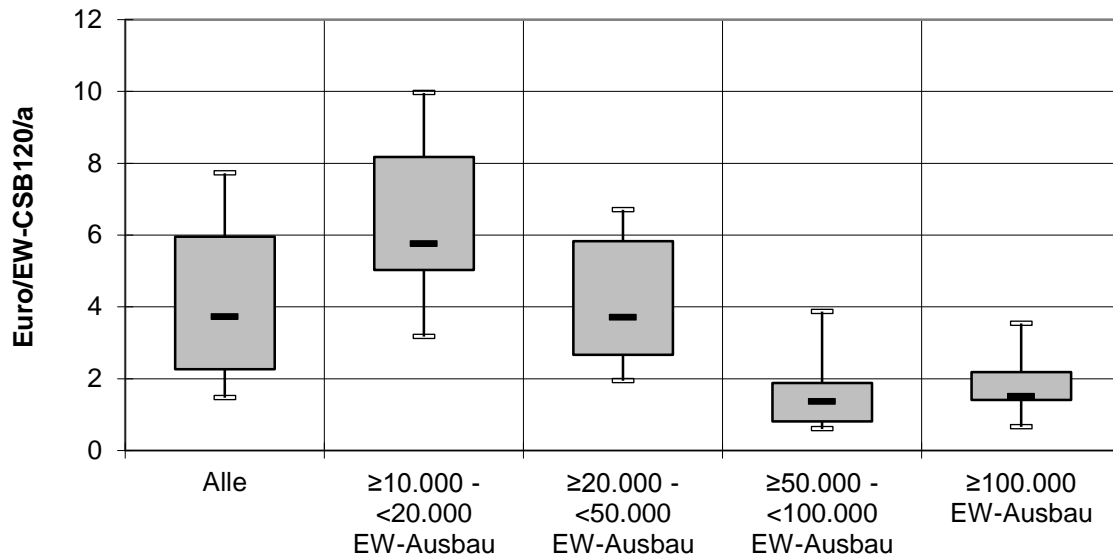


Abbildung 1: Energiekosten in Abhängigkeit von der Ausbaugröße

Wie aus Abbildung 1 abgeleitet werden kann, weisen Anlagen < 20.000 EW-Ausbau höhere Energiekosten auf als größere Anlagen. Die Strombezugskosten je Kilowattstunde liegen durchschnittlich bei 0,1 Euro/kWh und variieren unabhängig von der Kläranlagengröße nur geringfügig. Die höheren Energiekosten von kleineren Anlagen resultieren aus der Verfahrensart. Anlagen < 20.000 EW-Ausbau sind vorwiegend als Anlagen mit aerober Stabilisierung ausgeführt und benötigen daher systembedingt mehr elektrische Energie, gleichzeitig weisen diese Anlagen aufgrund des fehlenden Faulgases keine Eigenstromerzeugung auf.

Die Energiekosten sind im Durchschnitt der insgesamt 101 beim Abwasserbenchmarking untersuchten kommunalen Kläranlagen für 16 % der Gesamtbetriebskosten verantwortlich. Aus Untersuchungen in Deutschland (vgl. Müller, E.A. 1999 und Haberkern, B. 1998) sind ähnlich hohe Energiekostenanteile bekannt.

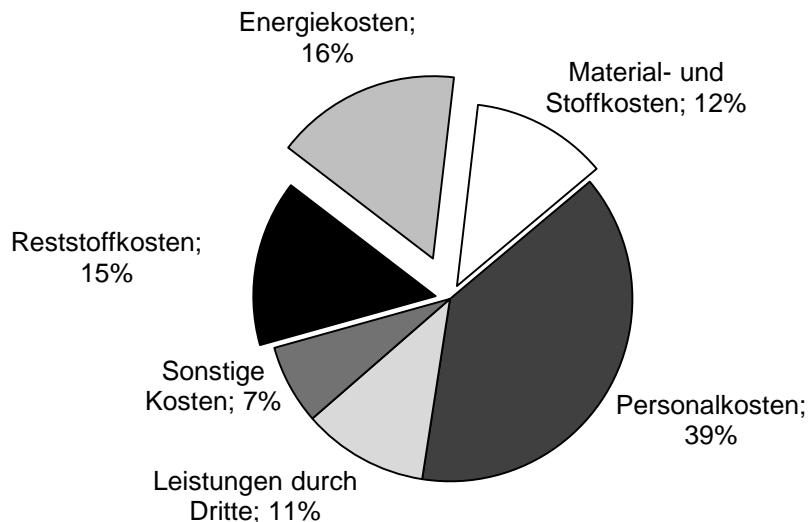


Abbildung 2: Betriebskostenverteilung österreichischer Kläranlagen

## 2 Energiedatenauswertung verfügbarer Datenquellen

Abgesehen von Literaturwerten stehen den Autoren zwei für Österreich sehr repräsentative Datenquellen zur Energiedatenauswertung zur Verfügung:

- 1) Kläranlagenleistungsvergleich der Kläranlagennachbarschaften (=KAN)
- 2) Benchmarkingdaten von insgesamt 101 kommunalen Kläranlagen

### 2.1 Kläranlagennachbarschaften

Im Zuge des Kläranlagenleistungsvergleiches werden Energiedaten ab dem Untersuchungsjahr 2007 miterhoben. Abgefragt werden dabei der elektrische Energieverbrauch der Kläranlage, die Eigenstromabdeckung sowie der Faulgasanfall (seit 2010). Je nach Untersuchungsjahr werden von 850 bis 900 Kläranlagen verwertbare Angaben zum Energieverbrauch der Kläranlagen gemacht, was einer sehr hohen Repräsentanz entspricht. Dem Vorteil der hohen Datendichte steht der Nachteil der nur sehr groben Plausibilitätsprüfung sowie dem Fehlen von Detailinformationen gegenüber. Zusammenfassend kann aus den Daten der Kläranlagennachbarschaften folgendes abgelesen werden:

- Im Untersuchungsjahr 2013 sind von 871 ARAs (Vorjahre 894, 875, 881, 884 bzw. 880) der Energieverbrauch, die Zulaufwassermenge und die CSB-Zulaufkonzentration angegeben, sodass ein spez. Energieverbrauch in kWh/EW-CSB120/a berechnet werden kann.
- Der Gesamtenergieverbrauch aller österreichischen Kläranlagen kann mit rund 560 GWh/a abgeschätzt werden.

- Die Eigenstromerzeugung, berechnet aus der angegebenen Eigenstromabdeckung, kann mit rund 140 GWh/a abgeschätzt werden, was einer Eigenstromabdeckung von 25 % entspricht.
- Der Faulgasanfall beträgt pro Jahr rund 90 Mio. Kubikmeter.

Von den 871 Kläranlagen, von denen ein spez. Energieverbrauch berechnet wird, müssen nochmals 63 Kläranlagen aufgrund unplausibler Daten ausgeschieden werden, sodass der spez. Energieverbrauch von insgesamt 808 Kläranlagen nach Größenklassen und Art der Stabilisierung in Tabelle 1 gruppiert zusammengefasst werden kann.

Tabelle 1: Energieverbrauch österreichischer Kläranlagen  
(Daten der Kläranlagennachbarschaften 2013)

	aerobe Stabil. ≤ 500 EW	aerobe Stabil. > 500 EW	aerobe Stabil. > 5.000 EW	aerobe Stabil. > 50.000 EW	Faulungs- anlagen ≤ 50.000 EW	Faulungs- anlagen > 50.000 EW	Alle ARAs
25-%-Wert	55	39	32	27	26	24	33
Median	89	55	42	33	32	27	47
75-%-Wert	124	78	54	38	49	36	67
Anzahl	31	410	206	8	109	44	808

Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang von spezifischem Faulgasanfall der Kläranlagen mit Faulung und dem angegebenen Eigenversorgungsgrad. Aus der Darstellung kann abgeleitet werden, dass einige Anlagen einen spez. Faulgasanfall von mehr als 30 Liter/EW-CSB120/d angegeben haben. Geht man davon aus, dass je Einwohnerwert im Zulauf mit 15 bis maximal 30 Liter je Tag gerechnet werden kann, so zeigt sich, dass ca. 30 % der Anlagen entweder Cofermente oder Fremdschlamm übernehmen oder ein Problem mit der Faulgasmengenmessung haben. Aus der Abbildung kann zudem abgeleitet werden, dass es in Österreich sechs energieautarke Kläranlagen gibt, wenn man energieautark so interpretiert, dass im Jahresmittel gleich viel Energie auf der Kläranlage erzeugt wie verbraucht wird.

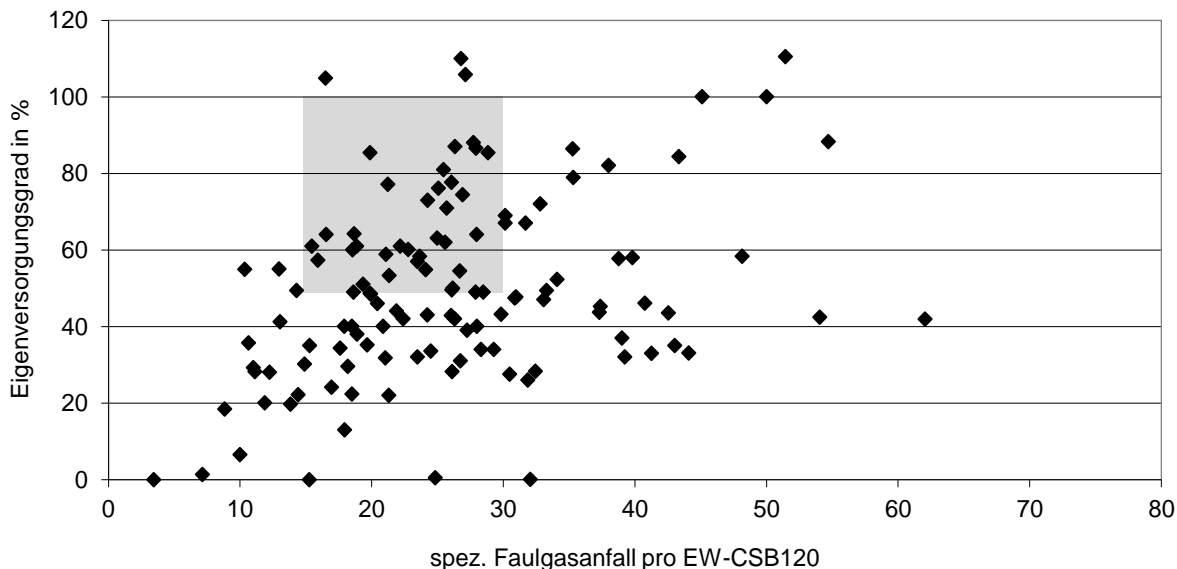


Abbildung 3: Spez. Faulgasanfall und Eigenstromversorgung  
 (Daten der Kläranlagennachbarschaften 2013)

## 2.2 Benchmarking

Beim Kläranlagenbenchmarking wurden seit dem Geschäftsjahr 2003 insgesamt 101 kommunale Kläranlagen untersucht, wobei nicht nur der Gesamtenergieverbrauch, sondern auch der Energieverbrauch der beim Benchmarking untersuchten Prozesse einer Kläranlage abgefragt wurde. Zum Vergleich der Werte der Benchmarkingteilnehmer mit jenen der KAN wird in Tabelle 2 der spez. Energieverbrauch der Benchmarkingteilnehmer nach Größenklassen und Art der Stabilisierung gruppiert. Bei Benchmarkingteilnehmern, die in mehreren Jahren teilgenommen haben, wird ein Mittelwert gebildet.

Tabelle 2: Energieverbrauch der beim Benchmarking teilgenommenen Kläranlagen  
 (Daten des Kläranlagenbenchmarking 2003 bis 2013)

	aerobe Stabil. ≤ 500 EW	aerobe Stabil. > 500 EW	aerobe Stabil. > 5.000 EW	aerobe Stabil. > 50.000 EW	Faulungs- anlagen ≤ 50.000 EW	Faulungs- anlagen > 50.000 EW	Alle ARAs
25-%-Wert	-	-	34	35	29	25	29
Median	-	-	43	35	36	29	37
75-%-Wert	-	-	51	35	43	35	47
Anzahl	0	0	39	1	41	20	101

Dort, wo ein Vergleich zwischen Benchmarkingteilnehmern und KAN aufgrund der Teilnehmeranzahl möglich ist (Kläranlagen > 5.000 EW-Ausbau), sieht man, dass recht ähnliche Energieverbräuche erzielt werden. Dies bedeutet, dass auch die folgenden detaillierten Auswertungen der Benchmarkingteilnehmer repräsentativ für alle Kläranlagen in Österreich angenommen werden können.

Abbildung 4 zeigt den spezifischen Energieverbrauch der Benchmarkingteilnehmer, wobei Anlagen mit Faulung und jene mit aerober Stabilisierung unterschiedlich gekennzeichnet werden. Die Abbildung zeigt, dass ein paar wenige Kläranlagen mit einem spezifischen Energieverbrauch von 20 kWh/EW<sub>120</sub>/a auskommen, einzelne Anlagen jedoch auch mehr als 60 kWh/EW<sub>120</sub>/a benötigen. Zwei Ausreißer werden aufgrund unplausibler Datenlage für die weiteren Datenauswertungen ausgeschieden. Der Median der 60 Faulungsanlagen liegt bei 33 kWh/EW<sub>120</sub>/a und jener der 39 aerob stabilisierenden Kläranlagen um 10 kWh/EW<sub>120</sub>/a höher.

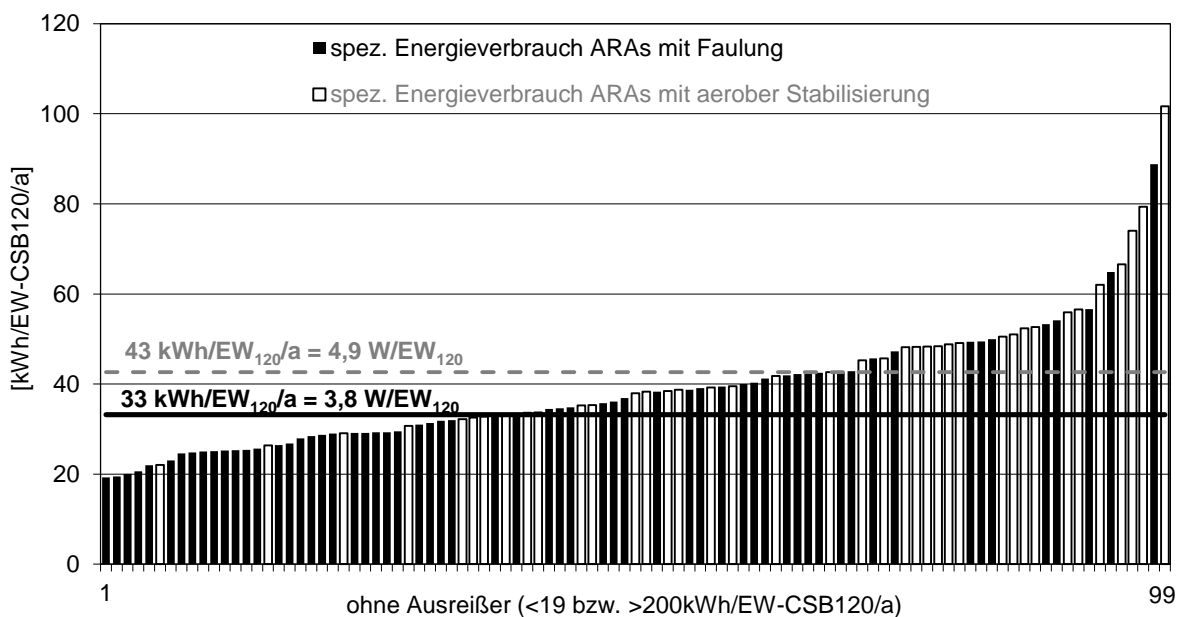


Abbildung 4: Energieverbrauch der beim Benchmarking teilgenommenen Kläranlagen (Daten des Kläranlagenbenchmarking 2003 bis 2013)

Gliedert man den Energieverbrauch auf die beim Benchmarking abgefragten Energieverbräuche der vier Hauptprozesse und zwei Hilfsprozesse auf, so ist der Prozess 2 – die mechanisch-biologische Abwasserreinigung – für rund 2/3 des Gesamtenergieverbrauches einer Kläranlage verantwortlich. Das restliche Drittel verteilt sich dann fast gleichmäßig auf den Prozess 1 (11 %), die Prozesse 3 und 4 (jeweils 8 %) und die Hilfsprozesse mit insgesamt 6 Prozent des

Gesamtenergieverbrauches. Hinzugefügt werden muss, dass nicht alle beim Benchmarking teilnehmenden Kläranlagen den Energieverbrauch der Prozesse auch messtechnisch erfassen.

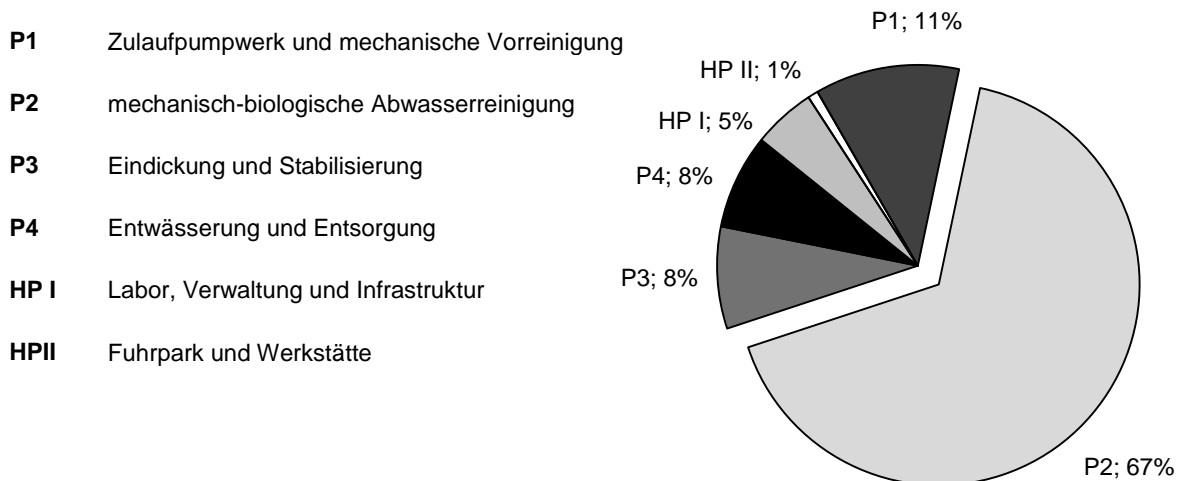


Abbildung 5: Verteilung des Energieverbrauchs auf die Prozesse

Interessanter als die prozentuelle Aufteilung auf die Prozesse ist die Darstellung des spezifischen Energieverbrauches der Prozesse, wobei in Abbildung 6 die Medianwerte der Prozesse, getrennt nach Anlagen mit Faulung und aerob stabilisierenden Anlagen, dargestellt werden. Dabei zeigt sich wieder, dass aerob stabilisierende Kläranlagen um 10 kWh/EW<sub>120</sub>/a mehr an Energie für die Belüftung benötigen als Anlagen mit Faulung.

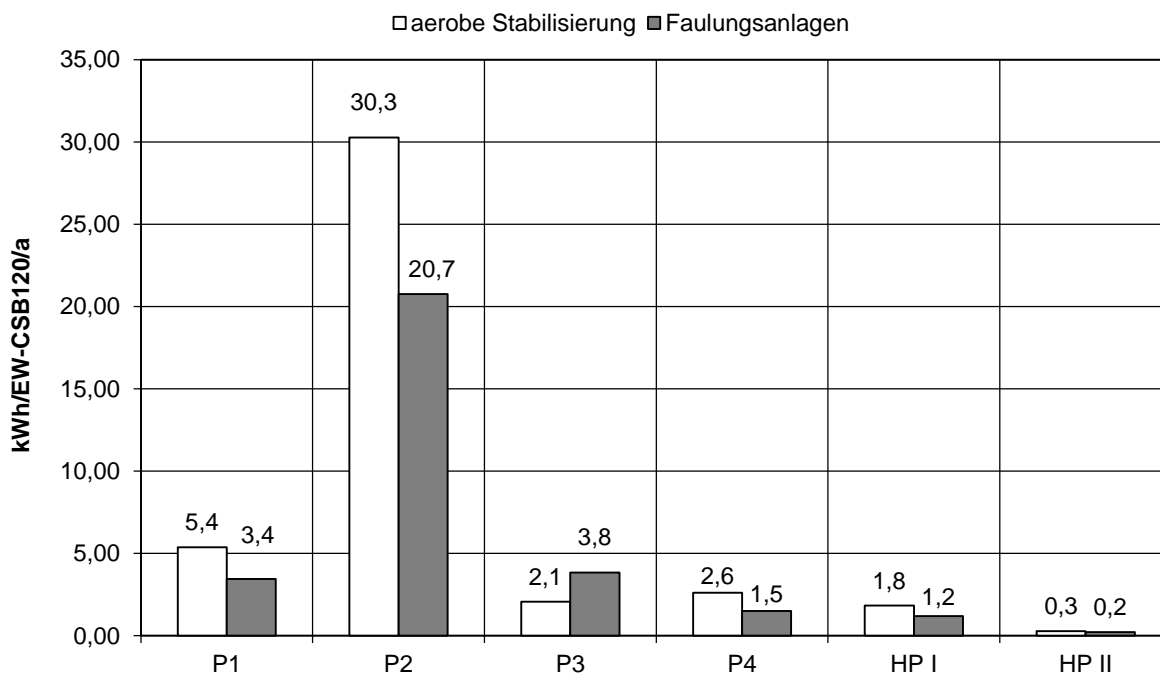


Abbildung 6: Spezifischer Energieverbrauch der Prozesse

### 3 Berechnung von Einsparpotentialen

Der Berechnung eines für alle österreichischen Kläranlagen erzielbaren maximalen Einsparpotentials werden die in Tabelle 1 bzw. Abbildung 7 dargestellten Energieverbräuche zugrunde gelegt und mit einem je Gruppe festgelegten Zielwert verglichen. Für Kläranlagen mit Faulung wird dabei von einem Minimalwert von 20 kWh/EW<sub>120/a</sub> ausgegangen, für große Anlagen mit aerober Stabilisierung mit 30 kWh/EW<sub>120/a</sub> und für Kläranlagen < 5.000 EW-Ausbau mit 50 kWh/EW<sub>120/a</sub>.

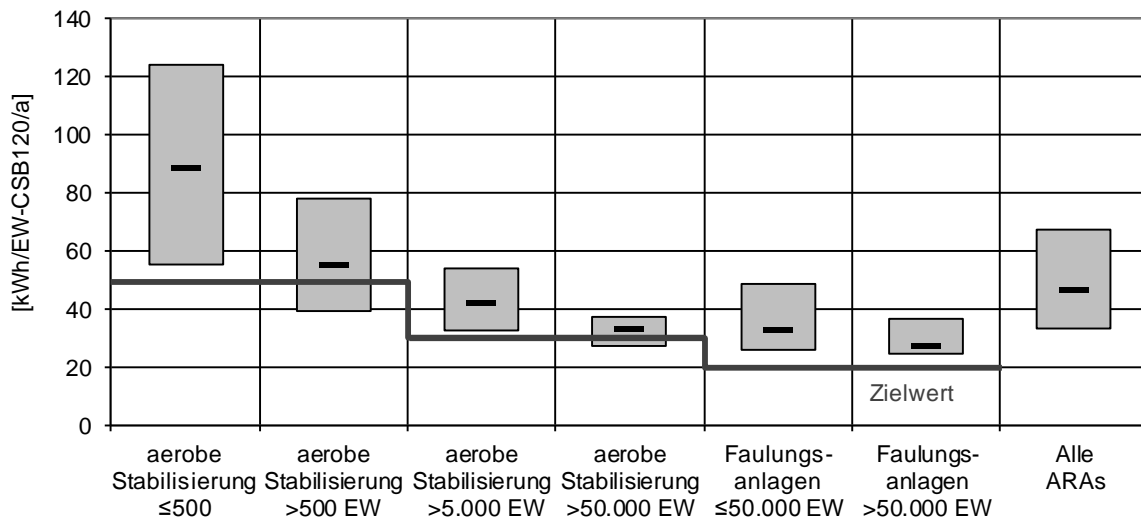


Abbildung 7: Energieverbrauch österreichischer Kläranlagen und Zielwert je Gruppe (Daten der Kläranlagennachbarschaften 2013)

Abbildung 8 zeigt das je nach Größengruppe und Art der Stabilisierung berechnete Einsparpotential. Einerseits wird das maximale Einsparpotential berechnet, indem der Zielwert (=abwassertechnischer Minimalwert) der Berechnung zugrunde gelegt wird. Andererseits wird davon ausgegangen, dass zumindest der Medianwert je Gruppe von allen Kläranlagen der jeweiligen Gruppe erreicht wird. Geht man davon aus, dass zumindest der Medianwert der jeweiligen Gruppe erreicht wird, so errechnet sich daraus ein jährliches Einsparpotential von 50 GWh. Wenn alle Kläranlagen den Zielwert erreichen würden, verdoppelt sich das Einsparpotential auf rund 100 GWh pro Jahr. Bei einem Energieverbrauch aller Kläranlagen von 560 GWh bedeutet dies ein Einsparpotential von 10 bis maximal 20 Prozent. Das größte Potential – rund 40 % des Gesamtpotentials – weisen die 44 Faulungsanlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 50.000 EW-Ausbau auf.



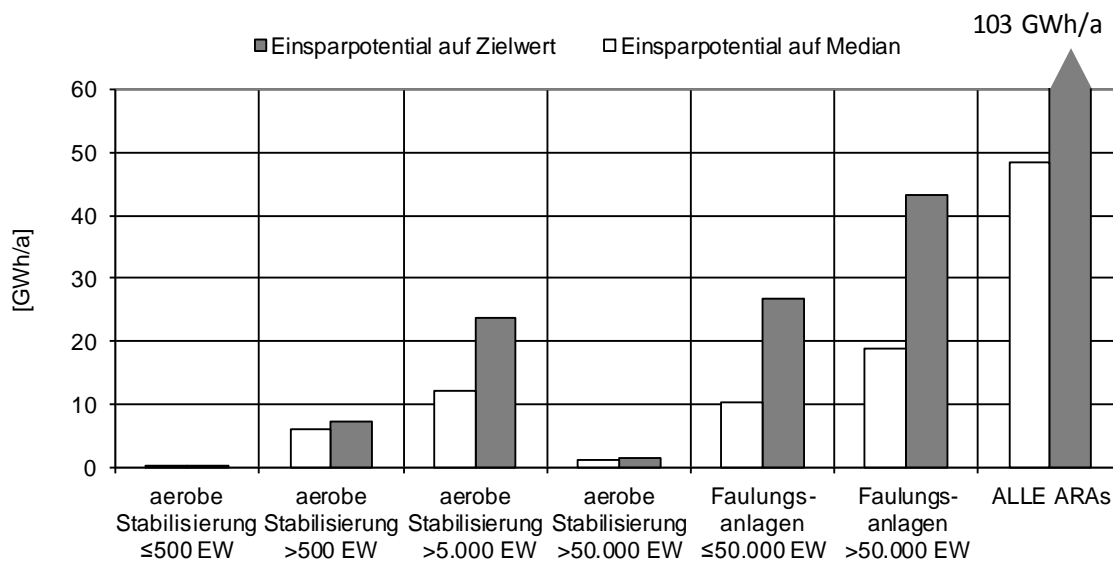


Abbildung 8: Einsparpotentiale je Größengruppe und Art der Stabilisierung

## 4 Maßnahmen zur Energieeinsparung

Welche Maßnahmen bei welcher Kläranlage zum größten Nutzen in Bezug auf die Energieoptimierung führen, hängt stark von den jeweiligen anlagenspezifischen Gegebenheiten ab. Die Vorgangsweise zur Erkennung, wo die größten Potentiale gegeben sind bzw. mit welchen Energieverbräuchen auf einer Kläranlage gerechnet werden muss, wird im Kapitel 4.1 zusammengefasst. Im folgenden Kapitel 4.2 wird anhand eines praxisnahen Beispiels gezeigt, wie durch das Bündeln von Maßnahmen (Energieverbrauch und Energiebereitstellung) eine Kläranlage mit Faulung sogar energieautark gemacht werden kann.

### 4.1 Einsparpotentiale erkennen

Nur wenn man die Energieverbraucher kennt, kann der Energieverbrauch einer Kläranlage optimiert werden. Vor allem bei Kläranlagen mit hohem Energieverbrauch ist es wesentlich, den elektrischen Energieverbrauch der in Tabelle 3 zusammengefassten Verbrauchergruppen bestimmen zu können. Wird der elektrische Energieverbrauch dieser Verbrauchergruppen nicht messtechnisch erfasst, ist die Erstellung einer Verbrauchermatrix (vergleiche Leitfaden für die Erstellung eines Energiekonzeptes) aller wesentlichen elektrischen Energieverbraucher der Kläranlage hilfreich. Wie die vorangegangenen Darstellungen (vergleiche Abbildung 4) gezeigt haben, ist der

Prozess der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung für rund 2/3 des Gesamtenergieverbrauches einer Kläranlage verantwortlich. Die getrennte Erfassung von Belüftungsenergie, Rührenergie und des Energieverbrauches für das Pumpen des Rücklaufschlammes, ist bei Kläranlagen mit hohem Verbrauch in diesem Prozess zwingend erforderlich. Nur dann können konkrete Maßnahmen für die Reduktion des Energieverbrauches gesetzt werden.

Tabelle 3: Verbrauchergruppen einer Kläranlage und Normalbereich dieser

	Normalbereich		kWh/EW <sub>120/a</sub>
	20	50	
<b>Kläranlage gesamt</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>kWh/EW<sub>120/a</sub></b>
<b>1) Zulaufpumpwerk und mechanische Vorreinigung</b>	<b>2,5</b>	<b>5,5</b>	<b>kWh/EW<sub>120/a</sub></b>
1.1 Zulaufpumpwerk	1,5	3,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
1.2 Rechen	0,5	1	kWh/EW <sub>120/a</sub>
1.3 Sand- u. Fettfang	0,5	1	kWh/EW <sub>120/a</sub>
<b>2) Mechanisch-biologische Abwasserreinigung</b>	<b>14,5</b>	<b>33</b>	<b>kWh/EW<sub>120/a</sub></b>
2.1 Belüftung	11,5	22	kWh/EW <sub>120/a</sub>
2.2 Rührwerk	1,5	4,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
2.3 RS-Pumpen	1	4,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
2.4 Sonstiges (VKB, NKB,...)	0,5	2	kWh/EW <sub>120/a</sub>
<b>3) Schlammbehandlung</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>kWh/EW<sub>120/a</sub></b>
3.1 MÜSE und stat. Eindicker	0,5	1	kWh/EW <sub>120/a</sub>
3.2 Faulung	1	2,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
3.3 Schlammentwässerung	0,5	3,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
<b>4) Infrastruktur</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>	<b>kWh/EW<sub>120/a</sub></b>
4.1 Heizung	0	2,5	kWh/EW <sub>120/a</sub>
4.2 sonstige Infrastruktur	1	2	kWh/EW <sub>120/a</sub>

## 4.2 Energieautarkie von Kläranlagen

Beim folgenden Berechnungsbeispiel einer energieautarken Kläranlage wird von einer Kläranlage mit durchschnittlich 24.500 EW<sub>120</sub> und einem spez. elektrischen Energieverbrauch von 30 kWh/EW<sub>120/a</sub> ausgegangen, welche einen Energiebedarf von jährlich 735.000 kWh aufweist. Das anfallende Faulgas (199.500 m<sup>3</sup>/a und 65 % CH<sub>4</sub>) wird mithilfe eines BHKW verstromt und liefert 350.122 kWh pro Jahr an elektrischer Energie, was auf einen elektrischen Wirkungsgrad von 27 % des BHKWs schließen lässt. Insgesamt können 48 % des erforderlichen Energiebedarfs damit abgedeckt werden.

Um diese Kläranlage energieautark zu gestalten, werden die folgenden vier möglichen Maßnahmen näher untersucht:

Reduktion des spez. Energieverbrauches

Übernahme von Biomasse (= Speiseresten) zur Cofermentation

Ersatz des alten BHKW zur Steigerung des el. Wirkungsgrades

Installation einer Photovoltaikanlage

### 1. Reduktion des spez. Energieverbrauches

Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauches um 5 kWh/EW120/a wird durch verschiedene effizienzsteigernde Maßnahmen ermöglicht. Dies bedeutet eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauches auf insgesamt 612.500 kWh/a um **122.500 kWh/a**.

### 2. Übernahme von Biomasse (= Speiseresten) zur Cofermentation

Durch die Übernahme von 1 Tonne Speiseresten je Tag wird die anfallende Faulgasmenge um rund 46.000 m<sup>3</sup> erhöht. Die angegebene Menge an Speiseresten wird anhand der angeschlossenen 19.600 Einwohner und einer Literaturangabe von 18 kg/a an Speiseresten je Einwohner abgeschätzt. Die übernommenen Speisereste und das daraus gewonnene Faulgas liefern bei einem Wirkungsgrad von 27 % zusätzlich **80.500 kWh/a** elektrische Energie.

### 3. Ersatz des alten BHKW zur Steigerung des Wirkungsgrades

Die Steigerung des BHKW-Wirkungsgrades von 27 % auf 36 % bringt zusätzliche elektrische Energie des Faulgases:

- aus Klärschlamm in der Höhe von **117.000 kWh/a**,
- aus Cofermentaten in der Höhe von **27.000 kWh/a**.

### 4. Installation einer Photovoltaikanlage

Durch die Errichtung einer 200-m<sup>2</sup>-Photovoltaikanlage (200 kWh/m<sup>2</sup>/a) kann erneuerbare elektrische Energie in der Höhe von 40.000 kWh/a erzeugt werden.

Zusammenfassend lässt sich für dieses Berechnungsbeispiel festhalten, dass die Reduktion des Energieverbrauches um 5 kWh/EW<sub>120</sub>/a sowie die Steigerung des BHKW-Wirkungsgrads von 27 auf 36 % jeweils etwa 120.000 kWh/a an Reduktion bez. Effizienzsteigerung gebracht haben. Die Übernahme der Speisereste des Einzugsgebietes führt bei einem BHKW-Wirkungsgrad von 27 % zu einer elektrischen Energieproduktion von 80.500 kWh/a. Steigert sich der Wirkungsgrad auf 36 %, können zusätzlich 27.000 kWh/a an elektrischer Energie gewonnen werden. Zur Erreichung der Energieautarkie der Kläranlage im Berechnungsbeispiel ist schließlich eine sehr effiziente Photovoltaikanlage mit einer Fläche von 200 m<sup>2</sup> erforderlich.

Ein spez. elektrischer Energieverbrauch von weniger als 25 kWh/EW<sub>120</sub>/a bedeutet, dass für die Erreichung der Energieautarkie der BHKW-Wirkungsgrad weniger hoch sein muss und/oder die übernommene Menge an Cofermentationsprodukten geringer sein kann und/oder die zu errichtende Fläche an Photovoltaik sich verringert. Hinzugefügt werden muss, dass für die Cofermentation ein ausreichendes Faulraumvolumen vorhanden sein bzw. zusätzliches Volumen errichtet werden muss. Bei einer Reduktion des spezifischen Energieverbrauches bis zu 20 kWh/EW<sub>120</sub>/a handelt es sich schließlich um eine abwasserbürtig energieautarke Kläranlage. In diesem Fall ist für die Energieautarkie weder Cofermentation noch Photovoltaik erforderlich, wenn ein BHKW-Wirkungsgrad von 35 % sichergestellt werden kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass **Kläranlagen mit Faulung** dann **energieautark** betrieben werden können, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Die Kläranlage muss einen Energieverbrauch von 25 kWh/EW<sub>120</sub>/a oder weniger aufweisen.
2. Der BHKW-Wirkungsgrad muss bei 35 % oder mehr liegen.  
(Annahme: 24 Liter Faulgas/EW<sub>120</sub>/d und CH<sub>4</sub>-Gehalt von 65 %)
3. Alle Speisereste des Einzugsgebietes werden zur Cofermentation übernommen (Annahme: 18 kg/EW<sub>120</sub>/a)
4. Eine Photovoltaikanlage mit einer spez. Fläche von mindestens 1 m<sup>2</sup>/100\*EW<sub>120</sub> wird errichtet.

## 5 Literatur

- Agis, H. (2002): „Energieoptimierung von Kläranlagen in Benchmarking in der Abwasserentsorgung“, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 176, Seiten 133-177. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien
- Kroiss, H., Svoldal, K. (2009): „Energiebedarf von Abwasserreinigungsanlagen“, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 11-12, Wien
- Lindtner, S. (2008): „Leitfaden für die Erstellung eines Energiekonzeptes kommunaler Kläranlagen“, Ministerium für Land- und Fortswirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- Lindtner, S. (2011): „Energieautarke Kläranlagen“, Grundlagenpapier, Amt der NÖ-Landesregierung - Abteilung Siedlungswasserwirtschaft
- Müller, E. A., Kopel B., Künti T., Pinnekamp J., Seibert-Erling G., Böcker K. (1999): "Handbuch - Energie in Kläranlagen". Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- Nowak, O. (2000): Möglichkeiten von Energieeinsparmaßnahmen auf Abwasserreinigungsanlagen durch das Betriebspersonal, Kläranlagen Nachbarschaften Folge 8, Wien
- Spatzierer, G. (2014): „21.ÖWAV – Kläranlagen-Leistungsvergleich – Berichtsjahr 2013“, Kläranlagen Nachbarschaften. Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen - Folge 22, Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Wien

### **Korrespondenz an:**

Dr. Stefan Lindtner

Ingenieurbüro k2W

Obere Augartenstraße 18A/5/1

Tel.: 01/3339081

eMail: lindtner@k2w.at