

# Ergebnisse des Sonderprogramms Energieanalysen auf Kläranlagen



wasser







Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



# Ergebnisse des Sonderprogramms Energieanalysen auf Kläranlagen

## Impressum

Ergebnisse des Sonderprogrammes Energieanalysen auf Kläranlagen

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax: 0821 9071-5556

E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)

Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 67, Stefan Bleisteiner

Redaktion:

LfU, Referat 67, Stefan Bleisteiner

Bildnachweis:

Titelbild: Loy Hardy; Abbildungen 1-14: Bayerisches Landesamt für Umwelt

Titelbild:

Kläranlage Freyung

Stand:

Juni 2013

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Hintergrund des Sonderprogramms</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Sonderprogramm Energieanalysen auf Kläranlagen</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der ausgewerteten Energieanalysen</b>	<b>9</b>
4.1	Aufgezeigte Einsparpotenziale	9
4.2	Auswertung der energetischen Kennzahlen	10
4.2.1	Energetische Kennzahlen	10
4.2.2	Spezifischer Stromverbrauch (Gesamt)	12
4.2.3	Spezifischer Stromverbrauch Belüftung	14
4.2.4	Spezifische Faulgasproduktion	16
4.2.5	Eigenversorgungsgrad Elektrizität	17
4.2.6	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität	18
4.3	Maßnahmenschwerpunkte	19
<b>5</b>	<b>Kosten der Energieanalyse</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Optimierung der Energieeffizienz</b>	<b>20</b>
6.1	Instrumente	20
6.2	Energiecheck	21
6.3	Energieanalyse	22
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>22</b>



# 1 Zusammenfassung

- Energieanalysen sind ein sinnvolles Instrument, um vorhandene Optimierungspotenziale auf kommunalen Kläranlagen aufzuzeigen und umzusetzen.
- Um die Betreiber von kommunalen Kläranlagen bei der Durchführung von Energieanalysen zu unterstützen, wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) das Sonderprogramm Energieanalysen von Kläranlagen aufgelegt.
- Es wurden 121 Energieanalysen im Rahmen des Sonderförderprogramms erstellt.
- Die Auswertung der Energieanalysen belegt, dass bei fast jeder kommunalen Kläranlage konkrete Energieeinsparpotenziale festzustellen waren.
- Insbesondere bei den Anlagen mit Klärschlammfaulung besteht Einsparpotenzial. Jede zweite untersuchte Anlage mit Klärschlammfaulung kann bei Umsetzung der aufgezeigten Maßnahmen den Strombezug um mehr als 50 % reduzieren.
- Bei Umsetzung aller im Rahmen des Sonderförderprogramm identifizierten Maßnahmen können Stromeinsparungen von etwa 17 % bzw. 23 GWh/a und eine Steigerung der Stromproduktion aus Faulgas um etwa 25 % bzw. 13 GWh/a realisiert werden. Für den Strombezug ergibt sich daraus ein Rückgang um rund 46 % bzw. 37 GWh/a. Dies entspricht in etwa einem Jahresstromverbrauch von rund 13.000 Haushalten.
- Die Energieanalysen rechnen sich auch für den Betreiber. Allein durch Umsetzung der besonders rentierlichen Sofortmaßnahmen amortisieren sich bei der Mehrzahl der Anlagen die Kosten für die Energieanalyse innerhalb weniger Jahre.
- Die Kosten für die Erstellung einer Energieanalyse betragen im Median für aerobe Stabilisierungsanlagen 11,5 Tsd. € und für Anlagen mit Faulung 14,6 Tsd. €.
- Mit dem neuen Arbeitsblatt DWA-A 216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen“ stehen hilfreiche Werkzeuge für Betreiber und Planer zur Steigerung der Energieeffizienz zur Verfügung.

## 2 Hintergrund des Sonderprogramms

Kläranlagen benötigen rund 0,7 % des deutschen Gesamtstrombedarfs [1]. In der Regel sind sie der bedeutendste Stromverbraucher einer Kommune [2].

Eine Auswertung von bayerischen Eigenüberwachungsdaten (Stand 2005) ergab, dass der Gesamtstromverbrauch aller bayerischen Kläranlagen zum damaligen Zeitpunkt rund 654 GWh/a betrug (vgl. Abb. 1). Die maßgebenden Verbraucher entfielen hierbei auf die Kläranlagen der Größenklasse 4 (10.001 - 100.000 E Ausbaugröße) mit 240 GWh/a und Größenklasse 5 (> 100.000 E Ausbaugröße) mit 286 GWh/a [3].

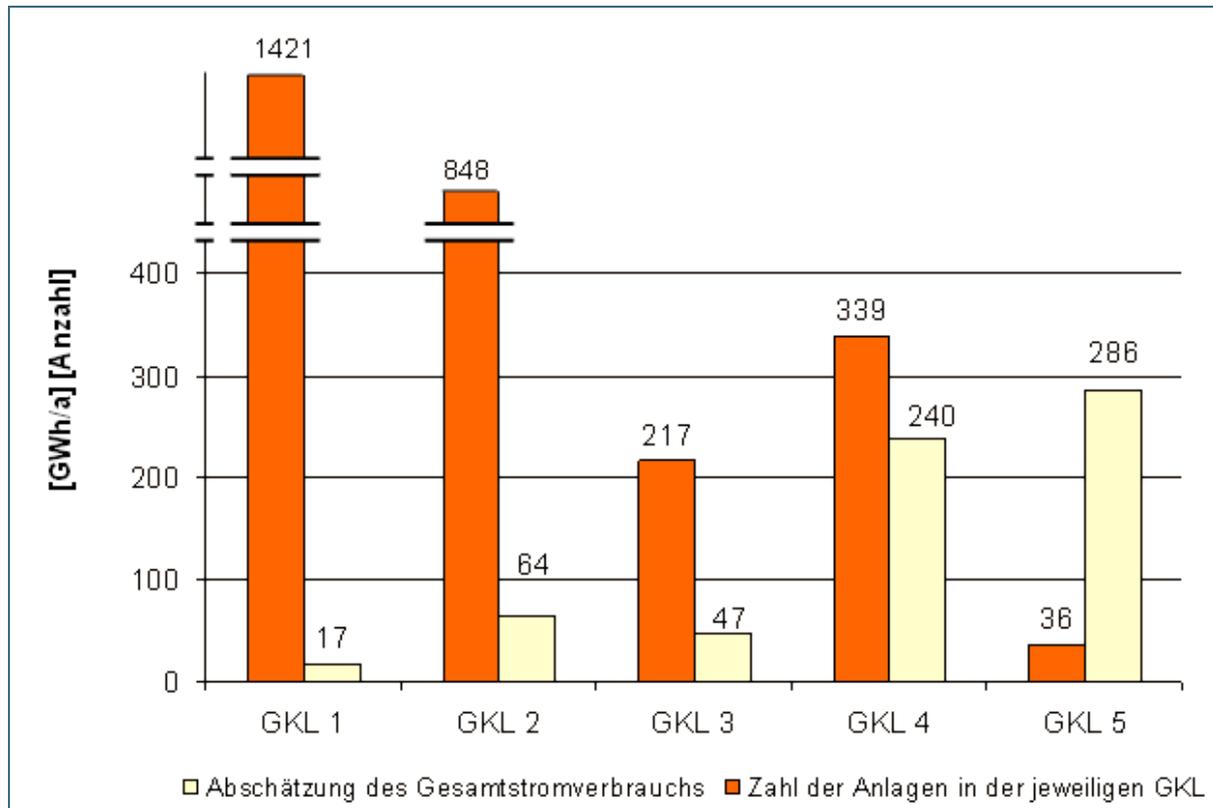


Abb. 1: Stromverbrauch und Anzahl der bayerischen Kläranlagen pro Größenklasse (GKL), Stand 2005 [3]

Eine Reduzierung des Strombezugs von kommunalen Kläranlagen kann grundsätzlich auf zwei Wegen erfolgen.

1. Durch Reduzierung des Stromverbrauchs
2. Durch Steigerung der Eigenstromproduktion

Die rechnerischen Stromeinspar- und Stromproduktionspotenziale bayerischer Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 veranschaulicht Abbildung 2.

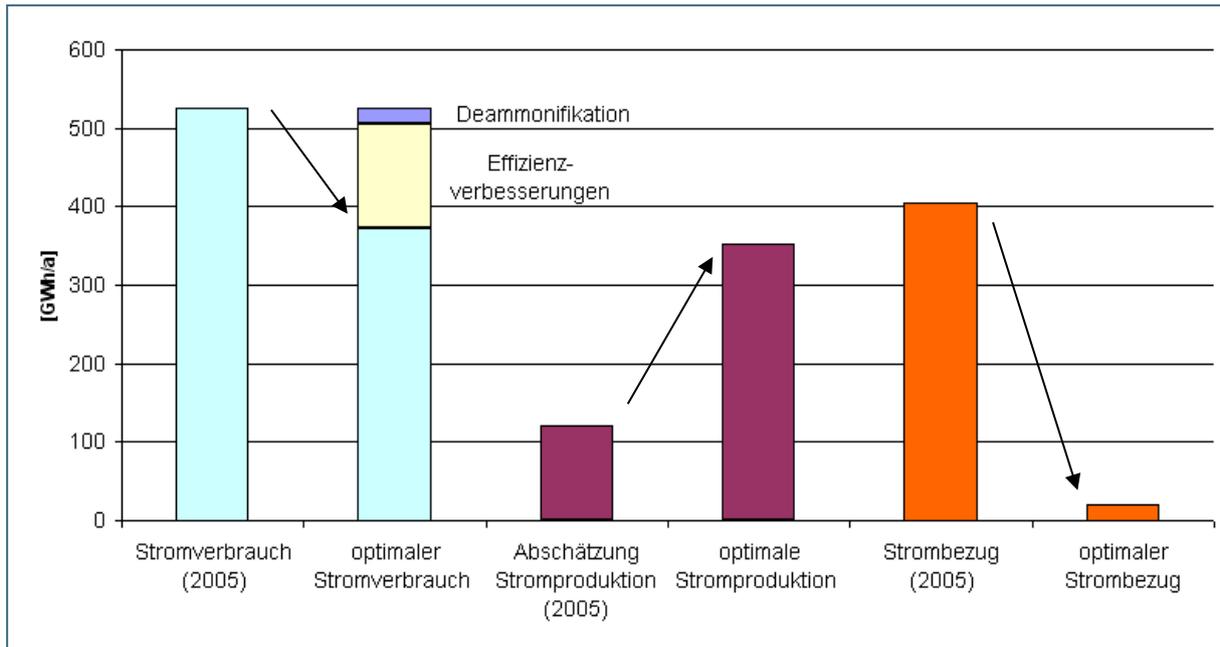


Abb. 2: Optimierungspotenziale der bayerischen Kläranlagen größer 10.000 E Ausbaugröße für Stromverbrauch, Stromproduktion und Strombezug (Datengrundlage [4])

Die Steigerung der Stromproduktion (z. B. durch Umwandlung von aeroben Stabilisierungsanlagen, verbesserten elektrischen Wirkungsgraden der BHKWs usw.) besitzt auf Bayern bezogen mit 232 GWh/a das größere energetische Potenzial. Dem gegenüber kommt die Optimierung des Stromverbrauchs (z. B. durch Einsatz sparsamerer Aggregate oder der Anwendung neuer Verfahren, wie der Deammonifikation) auf ein Potenzial von rund 154 GWh/a. Unter idealen Bedingungen (maximale Stromproduktion bei minimalem Verbrauch) können Belebungsanlagen mit Faulung ihren Energiebedarf weitgehend ohne externen Energiebezug decken.

Ein wichtiges Instrument, um diese Optimierungspotenziale zu identifizieren und zumindest teilweise umzusetzen, ist die Energieanalyse. Bei der Durchführung einer Energieanalyse wird die Energieeffizienz der untersuchten Kläranlage von einem fachkundigen Ingenieur beurteilt. Dabei sind Abwassertechnik und Energietechnik gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Analyse ermöglicht Aussagen zu konkreten Maßnahmen, erzielbaren Energieeinsparungen, notwendigen Investitionen sowie der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen werden dabei je nach Effektivität, Wirtschaftlichkeit und Aufwand in Sofortmaßnahmen (S), kurzfristige Maßnahmen (K) und abhängige Maßnahmen (A) untergliedert [5].

### 3 Sonderprogramm Energieanalysen auf Kläranlagen

Um die Betreiber von kommunalen Kläranlagen bei der Durchführung von Energieanalysen zu unterstützen wurde im September 2009 vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit ein Sonderprogramm zur Förderung der Erstellung von Energieanalysen auf kommunalen Kläranlagen aufgelegt.

Gefördert wurde die einmalige Durchführung einer Energieanalyse durch ein fachkundiges Ingenieurbüro. Die Förderung betrug pauschal 10.000 € je Kläranlage, jedoch höchstens 70 % der tatsächlich angefallenen Kosten. Das Sonderprogramm Energieanalysen war zunächst bis Ende 2011 befristet, wurde jedoch in einem zweiten Schritt bis Ende 2012 verlängert. Gleichzeitig wurde die Untergrenze der Ausbaugröße ab der eine Förderung möglich ist von 10.000 EW auf 5.000 EW gesenkt.

121 Betreiber haben eine Förderung für die Durchführung einer Energieanalyse erhalten. Die Gesamtkosten aller 121 Energieanalysen betragen rund 1,7 Mio. €. Der Freistaat Bayern hat mit ausbezahlten Fördermitteln in Höhe von rund 1 Mio. € unterstützt.

72 der 121 Energieanalysen wurden bei Anlagen mit Schlammfäulung durchgeführt. 49 bei Anlagen mit aerober Stabilisierung. Der Größenklasse 3 (GKL 3) gehören 18 der untersuchten Anlagen an, der Größenklasse 4 (GKL 4) 90 und der Größenklasse 5 (GKL 5) 13 (vgl. Abb. 3)

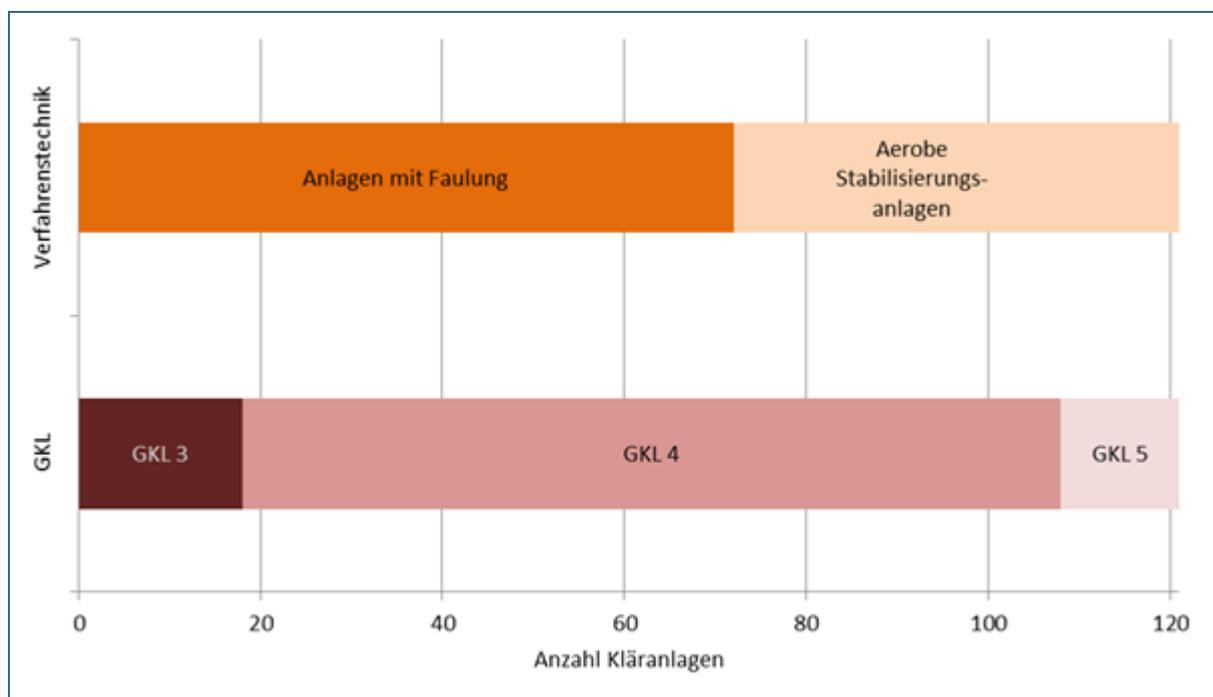


Abb. 3: Charakterisierung der untersuchten Kläranlagen hinsichtlich Verfahrenstechnik und Ausbaugröße.

## 4 Ergebnisse der ausgewerteten Energieanalysen

### 4.1 Aufgezeigte Einsparpotenziale

Das Ergebnis der Auswertung hinsichtlich des **absoluten** Einsparpotenzials zeigt Abbildung 4. Bei Umsetzung aller in den Energieanalysen identifizierten Maßnahmen (Sofortmaßnahmen, kurzfristige Maßnahmen und abhängige Maßnahmen) ergeben sich folgende Verbesserungspotenziale:

- Etwa 17 % bzw. 23 GWh/a Stromeinsparungen gegenüber dem Ist Zustand
- Etwa 25 % bzw. 13 GWh/a Steigerung der Stromproduktion aus Faulgas
- Rückgang des Strombezugs um rund 46 % bzw. 37 GWh/a. Dies entspricht in etwa einem Jahresstromverbrauch von rund 13.000 Haushalten.

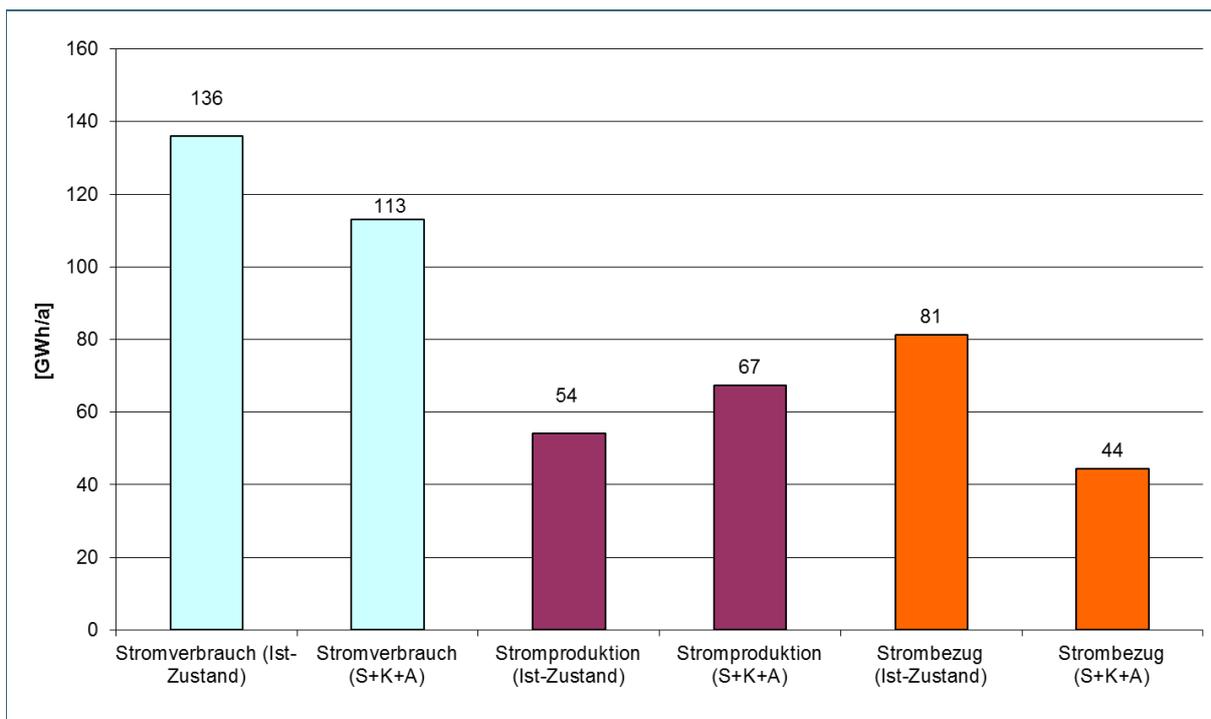


Abb. 4: Identifizierte Stromeinsparungs- und Stromproduktionspotenziale auf Grundlage von 121 ausgewerteten Energieanalysen

Das relative Einsparpotenzial ist sehr anlagenspezifisch. Die Spannweite der durch die Energieanalysen aufgezeigten Einsparpotenziale beim Strombezug reicht z. B. von 0 - 100 % (bei Anlagen mit Energieüberschuss sogar über 100 %). Weiterhin sind die Einsparpotenziale beim Strombezug aufgrund möglicher Maßnahmen im Bereich des Stromverbrauches **und** der Stromproduktion bei Anlagen mit Faulung größer als bei (aeroben) Stabilisierungsanlagen. Bei jeder zweiten Anlagen mit Faulung kann bei Umsetzung der durch die Energieanalyse aufgezeigten Maßnahmen der Strombezug um mehr als 50 % gesenkt werden, während bei Stabilisierungsanlagen der Rückgang im Median nur etwa 25 % beträgt (vgl. Abb. 5). Ein Rückgang um bis zu 100 % ist bei Stabilisierungsanlagen möglich, wenn in der Energieanalyse die Umrüstung in eine Faulungsanlage vorgeschlagen wurden.

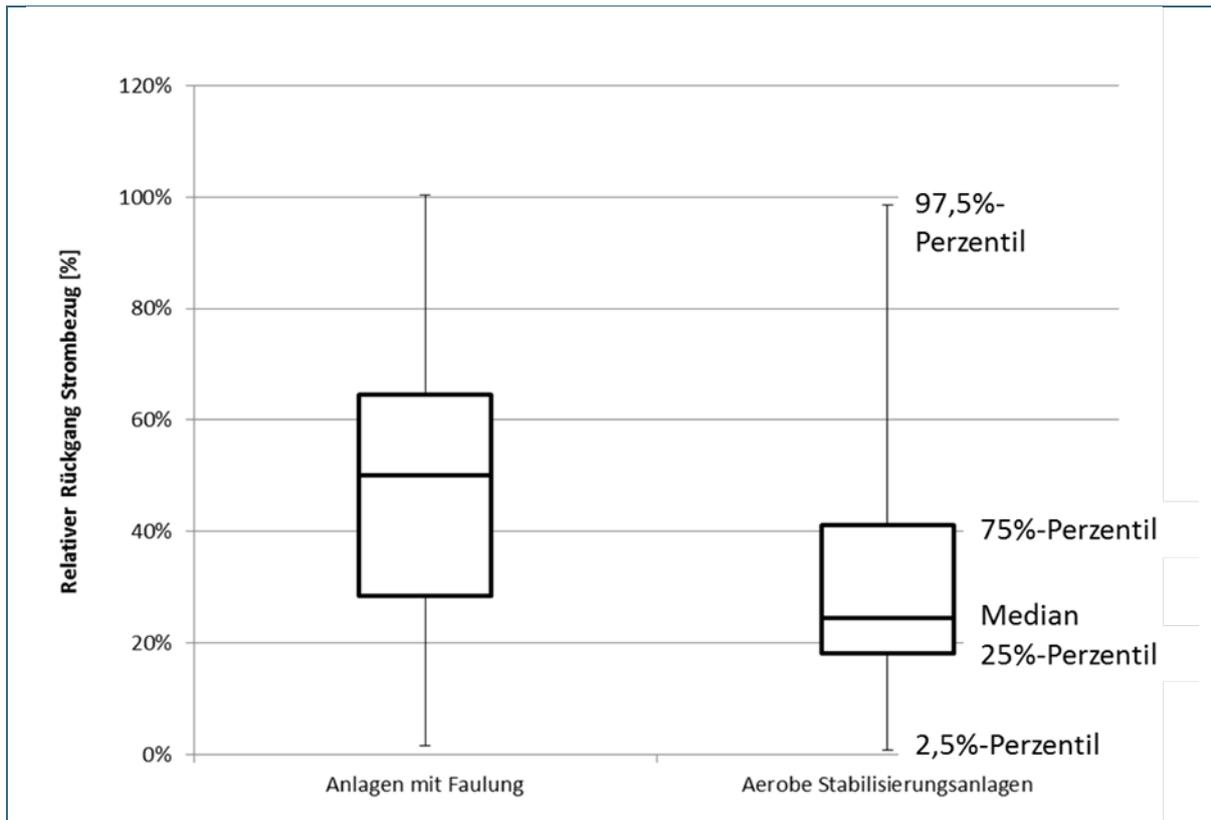


Abb. 5: Relativer Rückgang des Strombezugs nach Umsetzung der in den Energieanalysen vorgeschlagenen Maßnahmen in Abhängigkeit von der Verfahrenstechnik (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben)

## 4.2 Auswertung der energetischen Kennzahlen

### 4.2.1 Energetische Kennzahlen

Um Fördermittel zu erhalten musste den für die Abwicklung der Förderung zuständigen Wasserwirtschaftsämtern eine durchgeführte Energieanalyse und ein Formblatt mit den wichtigsten Kennzahlen und Ergebnissen vorgelegt werden. Somit konnten die Ergebnisse ausgewertet und das Förderprogramm einer Erfolgskontrolle unterzogen werden.

Die bei der Auswertung der Energieanalysen ermittelten Daten sind auch bei der Erstellung der Häufigkeitsverteilungen des neuen Arbeitsblattes DWA A-216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen“ (DWA A-216) [6] mit eingeflossen.

Die energetischen Aussagen der Energieanalysen werden im Folgenden anhand von energetischen Kennzahlen dargestellt, die denen des Arbeitsblattes DWA-A 216 entsprechen. Die Kennzahlen nach DWA-A 216 sind wie folgt definiert:

Alle Anlagen:

Kapitel

Spezifischer Stromverbrauch Gesamt [kWh / E a]	=	$\frac{\text{Stromverbrauch [kWh/a]}}{\text{Mittlere CSB Belastung [E]}}$	4.2.2
--	---	---	-------

Beleuchtungsanlagen:

Spezifischer Stromverbrauch Belüftung [kWh / E a]	=	$\frac{\text{Stromverbrauch Belüftung [kWh/a]}}{\text{Mittlere CSB Belastung [E]}}$	4.2.3
---	---	---	-------

Anlagen mit Faulung:

Spezifische Faulgasproduktion [m <sup>3</sup> / E a]	=	$\frac{\text{Jahresfaulgasproduktion [m3/a]}}{\text{Mittlere CSB Belastung [E]}}$	4.2.4
Eigenversorgungsgrad Elektrizität [%]	=	$\frac{\text{Jahresproduktion Strom [kWh/a]}}{\text{Stromverbrauch gesamt [kWh/a]}}$	4.2.5
Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität [%]	=	$\frac{\text{Jahresproduktion Strom [kWh/a]}}{\text{Energiegehalt der Jahresfaulgasproduktion [kWh/a]}}$	4.2.6
Spezifischer externer Wärmebezug [kWh <sub>therm</sub> / E a]	=	$\frac{\text{Extern zugeführte Wärmemenge [kWhtherm / a]}}{\text{Mittlere CSB Belastung [E]}}$	-

Zur groben Einordnung der ermittelten Kennzahlen werden im Folgenden die Ziel- und Toleranzwerte nach Haberkern et al. [1] verwendet. Die Werte sind dort wie folgt definiert:

„**Zielwerte** bilden ein Optimum ab, das unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen nicht von allen Kläranlagen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erreicht werden kann.“

„**Toleranzwerte** beschreiben den Stand der Energieeffizienz, der üblicherweise bei optimierter Betriebsweise von Kläranlagen mit vertretbarem Aufwand erreicht werden kann.“

#### 4.2.2 Spezifischer Stromverbrauch (Gesamt)

Der **Ist-Zustand** für den spezifischen Stromverbrauch ist in Abbildung 6 als Häufigkeitsverteilung differenziert nach den Anlagen der GKL 5, 4 und 3 dargestellt.

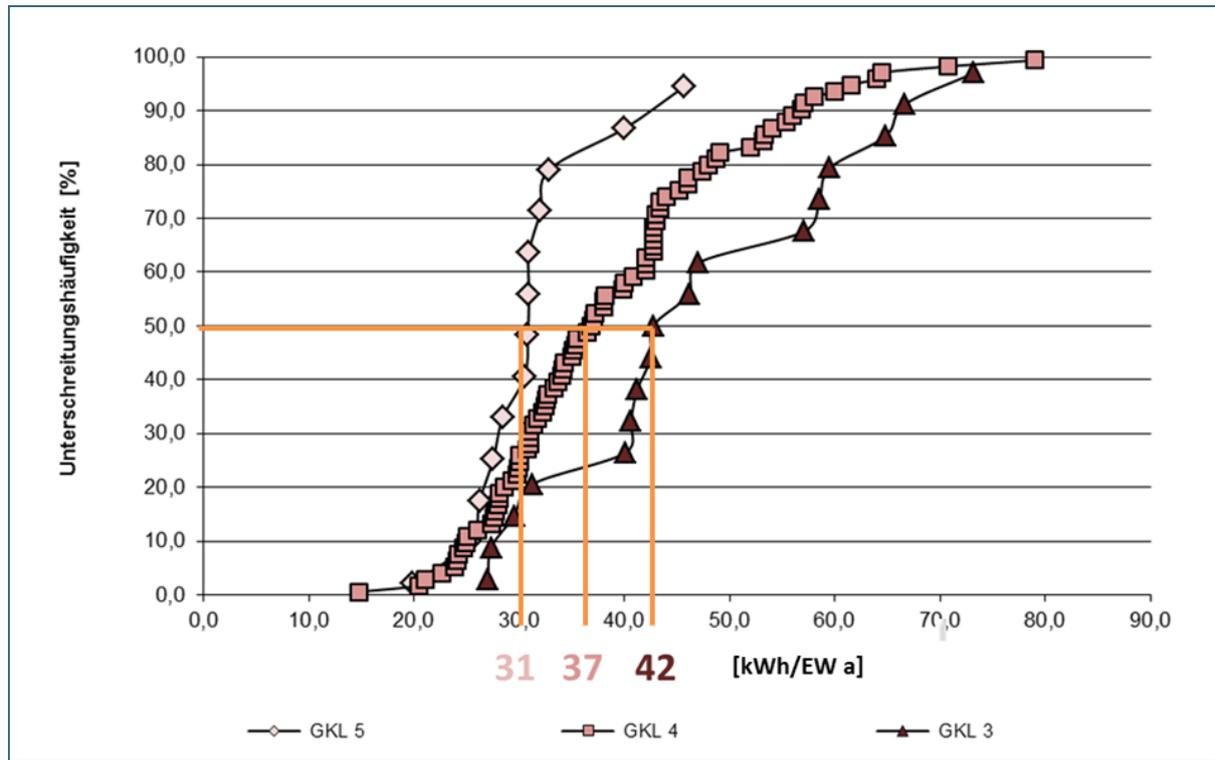


Abb. 6: Spezifischer Stromverbrauch für den Ist-Zustand (Häufigkeitsverteilung mit Angabe der Medianwerte differenziert nach Anlagen der GKL 5, 4 und 3)

Ein Vergleich mit den Ziel- und Toleranzwerten zeigt, dass im Ist-Zustand die überwiegende Mehrzahl der bisher untersuchten Anlagen den Toleranzwert überschreitet. Der Zielwert wird nur im Ausnahmefall erreicht.

Zielwert	Toleranzwert	
	GKL 3	GKL 4/5
GKL 3 - 5	GKL 3	GKL 4/5
18	35	30

Tab. 1: Ziel und Toleranzwerte für den spezifischen Stromverbrauch [kWh/EW a] nach Haberkern [1]

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der spezifischen Stromverbräuche gegenüber den Ist-Zustand nach Durchführung der Maßnahmenpakete (S, S+K und S+K+A), differenziert nach Anlagen der GKL 5, 4 und 3.

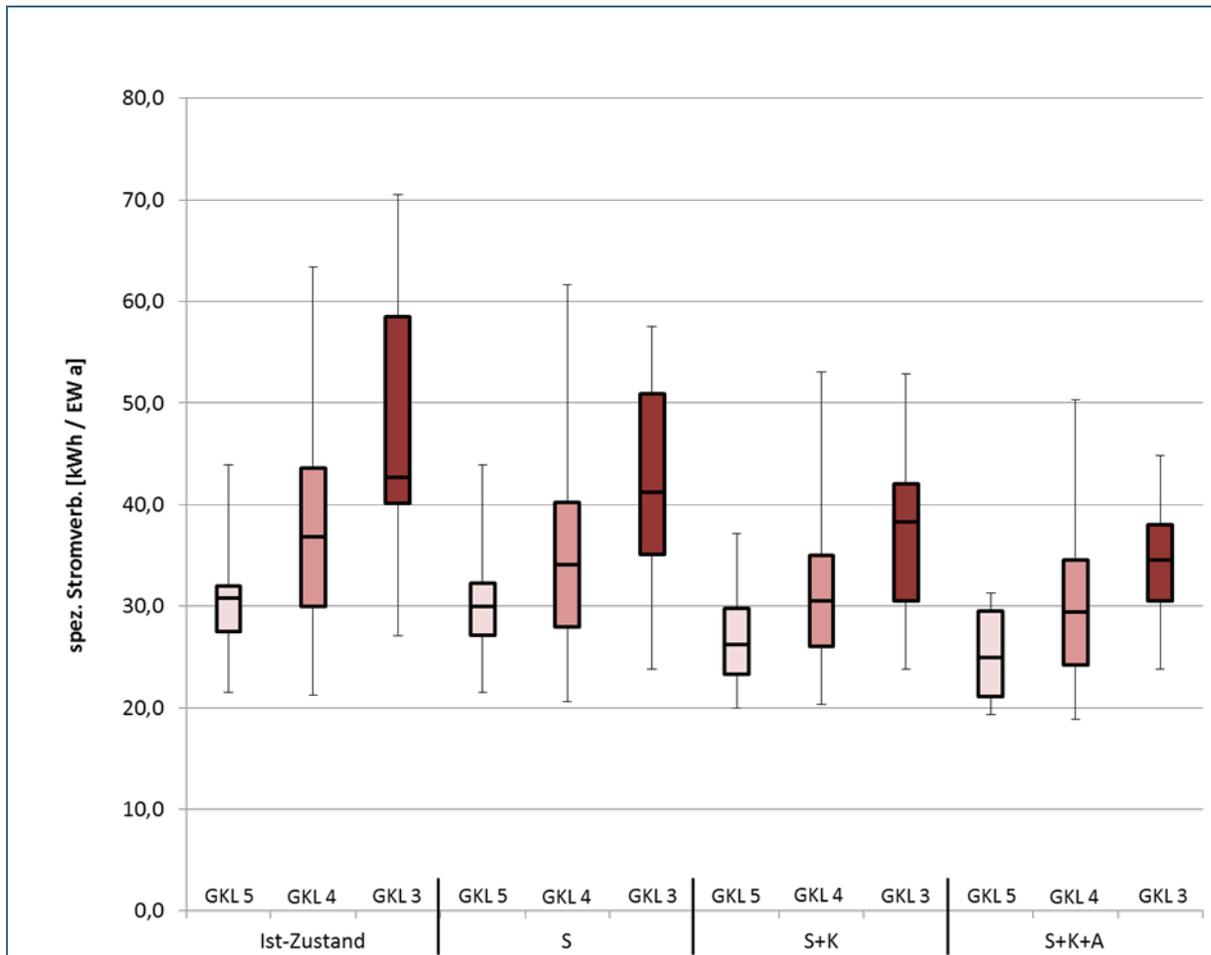


Abb. 7: Spezifischer Stromverbrauch differenziert nach den Anlagen der GKL 5,4 und 3. (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben, S=Sofortmaßnahmen, K=Kurzfristige Maßnahmen, A=Abhängige Maßnahmen)

Es lassen u. a. sich folgende Aussagen ableiten:

- Erwartungsgemäß ergibt sich eine deutliche Abhängigkeit des spezifischen Stromverbrauchs von der Größenklasse der Kläranlage. Je größer die Anlagen desto geringer ist die Schwankungsbreite und desto besser fallen i. d. R. die spezifischen Verbrauchswerte aus.
- Bei Umsetzung der in den Energieanalysen identifizierten Maßnahmen (S+K+A) kann der Medianwert des spezifischen Stromverbrauchs unabhängig von der Größenklasse im Median um rund 7 - 8 kWh/E reduziert werden. Davon entfallen ~ 2 kWh/E auf die leicht umsetzbaren und besonders wirtschaftlichen Sofortmaßnahmen.
- Außerdem können vor allem bei den Anlagen der GKL 3 und 4 die „energetischen Ausreißer“ nach oben reduziert werden.
- Erst mit zunehmender Maßnahmenumsetzung wird der Toleranzwert von 30 bzw. 35 kWh/E a im Median unterschritten.

### 4.2.3 Spezifischer Stromverbrauch Belüftung

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs Belüftung gegenüber dem Ist-Zustand nach Durchführung der Maßnahmenpakete. Die Kennzahl wurde erst mit dem zweiten Sonderprogramm erhoben und teilweise nicht korrekt in den Formblättern erfasst. Abbildung 8 beruht daher auf einer reduzierten Datenbasis von 15 aeroben Stabilisierungsanlagen der GKL 3 und 4.

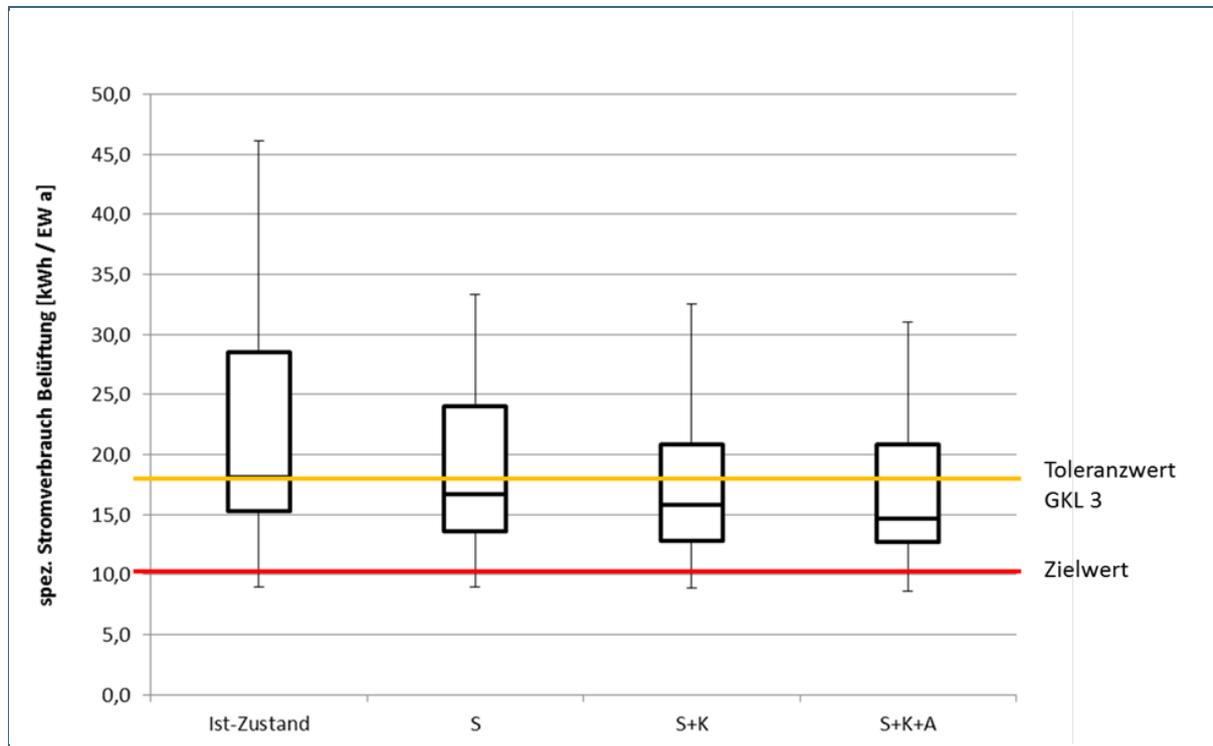


Abb. 8: Spezifischer Stromverbrauch Belüftung (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben; S=Sofortmaßnahmen, K=Kurzfristige Maßnahmen, A=Abhängige Maßnahmen)

#### Interpretation der Ergebnisse:

- Erwartungsgemäß spiegelt sich die Bedeutung der Belüftung für einen energieeffizienten Betrieb auch bei den für diesen Bereich identifizierten Maßnahmen wieder. Diese Maßnahmen tragen zu rund 50 % der Einsparpotenziale des Gesamtstromverbrauchs bei.
- So kann bei Umsetzung der Maßnahmen der Medianwert des spezifischen Stromverbrauchs Belüftung um rund 3 - 4 kWh/E reduziert werden. Davon entfallen 1 - 2 kWh/E auf die leicht umsetzbaren und besonders wirtschaftlichen Sofortmaßnahmen.
- Außerdem können die „energetischen Ausreißer“ nach oben erheblich reduziert werden.
- Ein Vergleich mit den Ziel- und Toleranzwerten zeigt, dass im Ist-Zustand der Median in etwa dem Toleranzwert der GKL 3 von 18 kWh/Ea entspricht. Der Zielwert wird nur im Ausnahmefall erreicht.

Abbildung 9 zeigt den spezifischen Stromverbrauch der Belüftung für den Ist-Zustand als Häufigkeitsverteilung differenziert nach Anlagen mit Faulung und Aerobe Stabilisierungsanlagen. Die Darstellung in Abbildung 9 beruht auf einer breiteren Datenbasis, da die Kennzahlen des Ist Zustands z. T. direkt aus den Energieanalysen entnommen werden konnten.

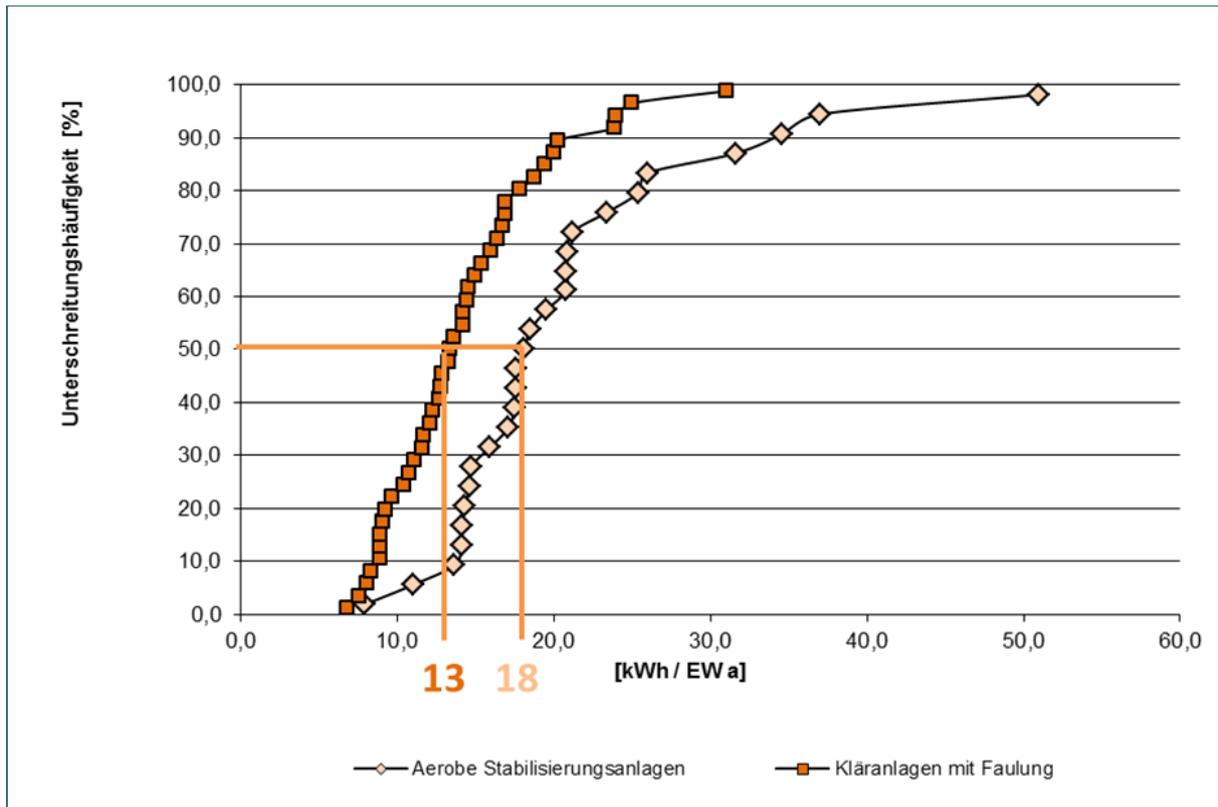


Abb. 9: Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung für den Ist-Zustand (Häufigkeitsverteilung mit Angabe der Medianwerte differenziert nach Anlagen mit Faulung und Aerobe Stabilisierungsanlagen)

Erwartungsgemäß ist der spezifische Energieverbrauch der aeroben Stabilisierungsanlagen größer. Es dürfte allerdings auch eine Rolle spielen, dass Kläranlagen mit Faulung in der Regel deutlich größer sind. Mit zunehmender Anlagengröße nehmen die spezifischen Stromverbräuche erfahrungsgemäß ab (vgl. z. B. Abb. 7).

#### 4.2.4 Spezifische Faulgasproduktion

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Faulgasproduktion bei Umsetzung der Maßnahmenpakete

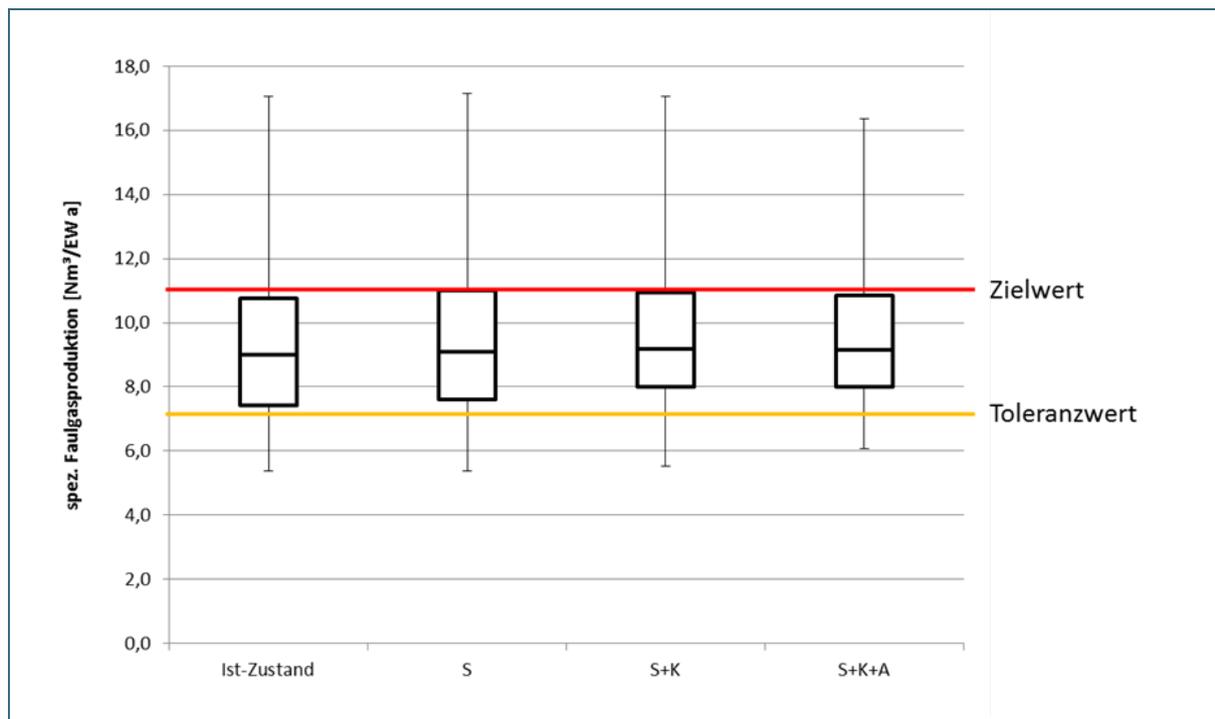


Abb. 10: Spezifische Faulgasproduktion. (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben)

Im Vergleich zu den anderen Kennzahlen lassen sich bei der spezifischen Faulgasproduktion nur geringe Verbesserungspotenziale erkennen. Auch der Schwankungsbereich bleibt relativ konstant. Maßnahmen zur Steigerung der Faulgasproduktion wurden im Rahmen der durchgeführten Energieanalysen kaum aufgezeigt.

Der Toleranzwert wird bei der Mehrzahl der Anlagen bereits im Ist-Zustand eingehalten.

#### 4.2.5 Eigenversorgungsgrad Elektrizität

Die identifizierten Optimierungspotenziale wirken sich auf den Eigenversorgungsgrad einer Anlage aus. Eine zusammenfassende Darstellung der erzielbaren Eigenversorgungsgrade nach Umsetzung der Maßnahmenpakete zeigt Abbildung 11.

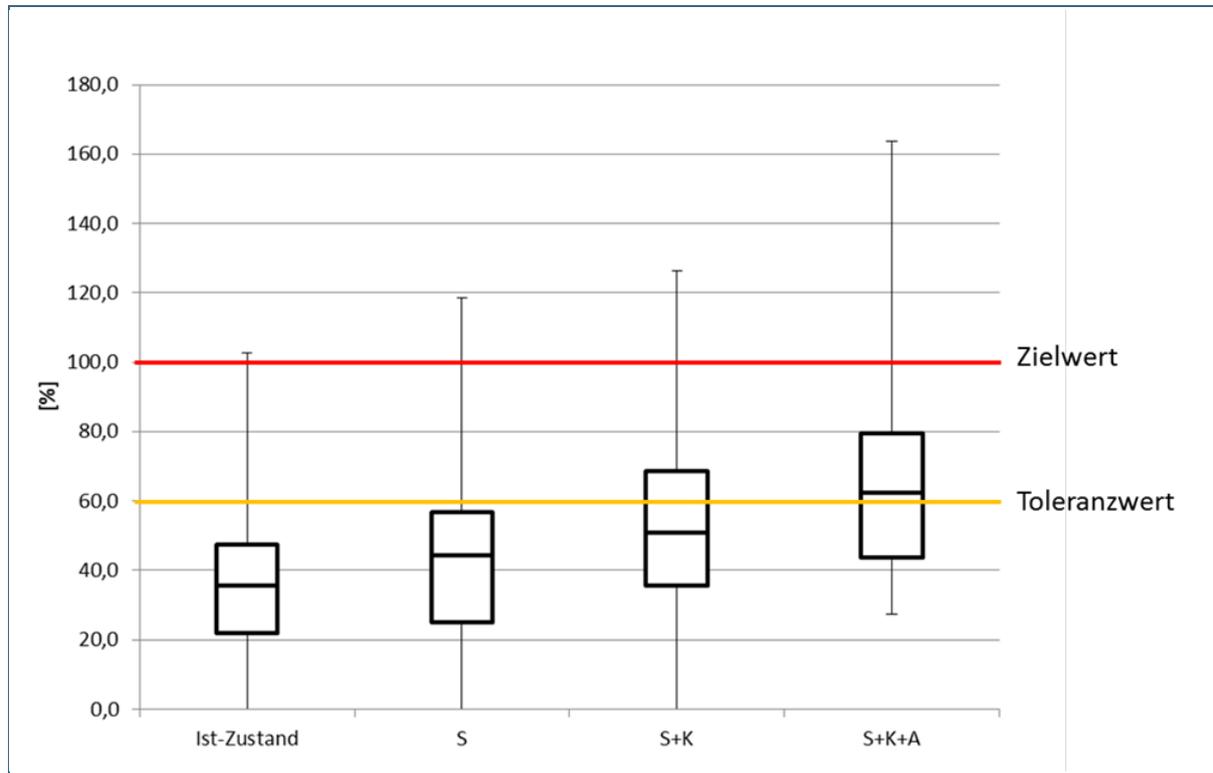


Abb. 11: Eigenversorgungsgrad Elektrizität, nur Anlagen mit Faulung (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben)

#### Interpretation der Ergebnisse:

- Für den Ist-Zustand liegt der Eigenversorgungsgrad im Median bei etwa ~ 37 % und könnte nach Durchführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen für die untersuchten Anlagen auf über 60 % gesteigert werden. Der Schwankungsbereich ist allerdings erheblich.
- Ein Vergleich mit den Ziel- und Toleranzwerten nach Haberkern et. al. [1] zeigt, dass im Ist-Zustand die überwiegende Mehrzahl der bisher untersuchten Anlagen den Zielwert weit verfehlt. Auch der Toleranzwert, der einen Eigenversorgungsgrad von 60 % vorsieht, wird zu meist nicht erreicht.
- Nach Durchführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen wäre etwa jede zweite Anlage über dem Toleranzwert. Der Zielwert von 100 % Eigenversorgungsgrad wird jedoch, auch wenn die abhängigen Maßnahmen umgesetzt werden, nur im Ausnahmefall und bei Einsatz von Co-Substraten erreicht.
- Von den ausgewerteten Kläranlagen waren vier bereits im Ist-Zustand (nahezu) „Energieautark“. Bei einer Anlage war dies sogar ohne besondere Randbedingungen nur durch den sehr geringen spezifischen Energieverbrauch und einer effektiven Faulgasverwertung möglich. Bei den drei anderen Anlagen ermöglichte v. a. der Einsatz von Co-Substraten oder ein stark durch Molkereien geprägtes Abwasser einen „energieautarken“ Betrieb.

#### 4.2.6 Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität

Abbildung 12 zeigt den Grad der Faulgasumwandlung nach Umsetzung der jeweiligen Maßnahmenpakete.

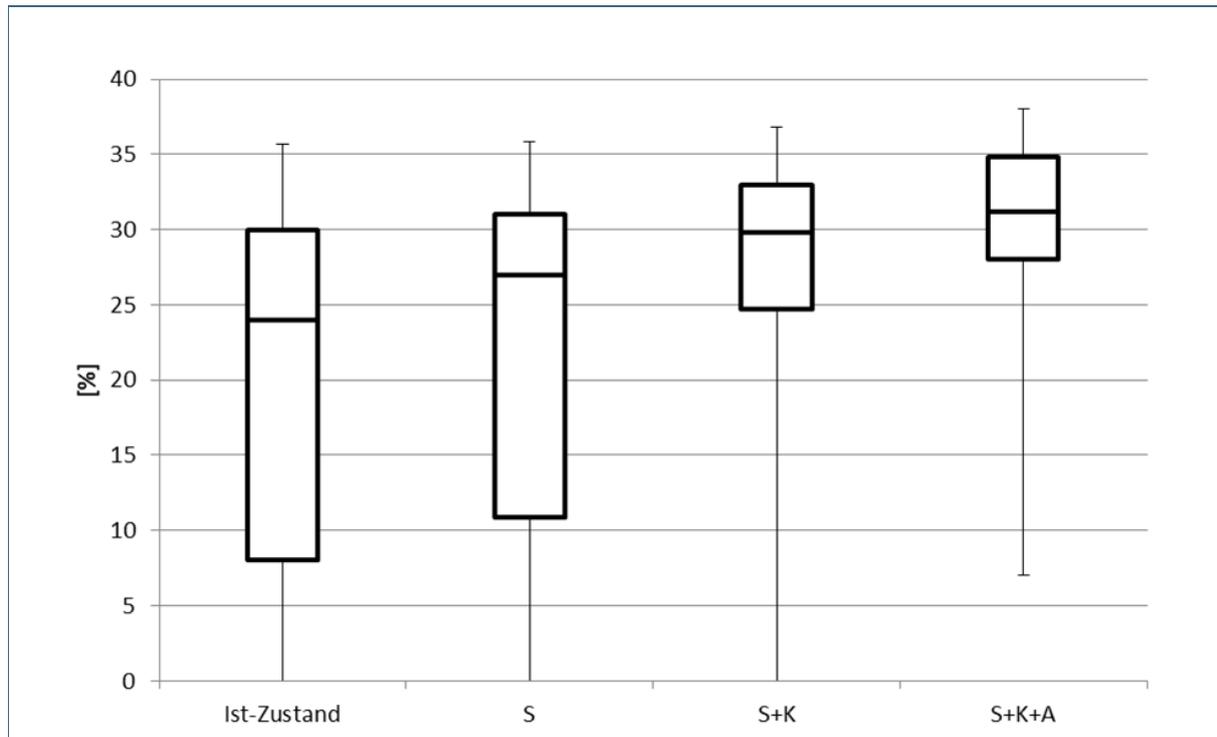


Abb. 12: Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben)

Im Ist-Zustand wurde bei den untersuchten Anlagen im Median knapp ein Viertel des Energieinhalts des produzierten Faulgases in Strom umgewandelt. Der Schwankungsbereich ist allerdings erheblich. Insbesondere findet im Ist-Zustand bei etwa 16 % der untersuchten Anlagen mit Faulung überhaupt keine Verstromung des anfallenden Faulgases statt.

Bei Umsetzung der in den Energieanalysen identifizierten Maßnahmen kann, vor allem durch den Einsatz moderner BHKWs, der Medianwert für den Grad der Faulgasumwandlung um rund 7 % Punkte erhöht werden. Bei den Anlagen ohne BHKW wurde außer bei einer kleinen Anlage der GKL 3 immer eine Nachrüstung vorgeschlagen.

### 4.3 Maßnahmenswerpunkte

Bei 97 % der untersuchten Anlagen wurden Einsparpotenziale festgestellt und sinnvolle Maßnahmen ermittelt. Die in den Energieanalysen aufgezeigten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz lassen sich folgenden Anlagenbereichen zuordnen:

Tab. 2: Maßnahmenswerpunkte

Anlagenbereiche:	Art der Maßnahme:
Gebläse / Belebung	Nachrüstung der Gebläse mit Frequenzumformern, Implementierung einer Gleitdruckregelung (= Regelkonzept zur Minimierung der Druckverluste), Erneuerung energieineffizienter Gebläse, Optimierte Staffelung der Gebläse zur Anpassung an den tatsächlichen Sauerstoffbedarfs
Rührwerke	Austausch von Schnellläufern mit energieeffizienten Langsamläufern; Anpassung des Energieeintrags der Rührwerken an den tatsächlichen Bedarf durch intermittierenden Betrieb oder Einsatz kleinerer Aggregate
Steuerung und Betrieb der Belebung	Implementierung innovativer Steuerungen, Optimierung von TS-Gehalt und Zielsauerstoffkonzentration in der Belebung, Optimierung der Regelung durch Nachrüstung einer Nitrat- und Ammoniummessung, Optimierung der Rücklaufschlamm- und Rezyklationsmengen
Sandfang	Austausch bzw. Optimierung der oftmals zu groß dimensionierten Sandfangebläse
Pumpen	Austausch ineffizienter Pumpen und Antriebe (z. B. Umwälzpumpen Faulturm, Rezi-Pumpen, Rücklaufschlammumpen, Hebewerke), Anpassung des Pumpenbestands an die notwendige Pumpleistung (z. B. zusätzliche Pumpen für den Trockenwetterfall), optimierter Betrieb von Hebewerken durch höheren Einstau
BHKWs	Austausch ineffizienter BHKWs, optimierter Betrieb durch Vermeidung von Teillastbetrieb und Anlaufen des Notkühlers
Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung	Neubau von BHKW, Faulung und Vorklärbecken
Faulung	Anbringen einer Faulturmisolierung, Außerbetriebnahme nicht benötigter Faulbehälter, Verbesserung der Durchmischung im Faulbehälter (z. B. Umstellung auf Gaseinpressung), Nachrüstung einer Überschussschlammverdickung, Optimierung der Faulraumtemperatur

## 5 Kosten der Energieanalyse

Eine Auswertung der erfassten Förderanträge hinsichtlich der Kosten der Energieanalysen ist in Abbildung 13 dargestellt. Im Median betragen die Kosten für die Erstellung einer Energieanalyse für aerobe Stabilisierungsanlagen 11,5 Tsd. € und für Anlagen mit Faulung 14,6 Tsd. €.

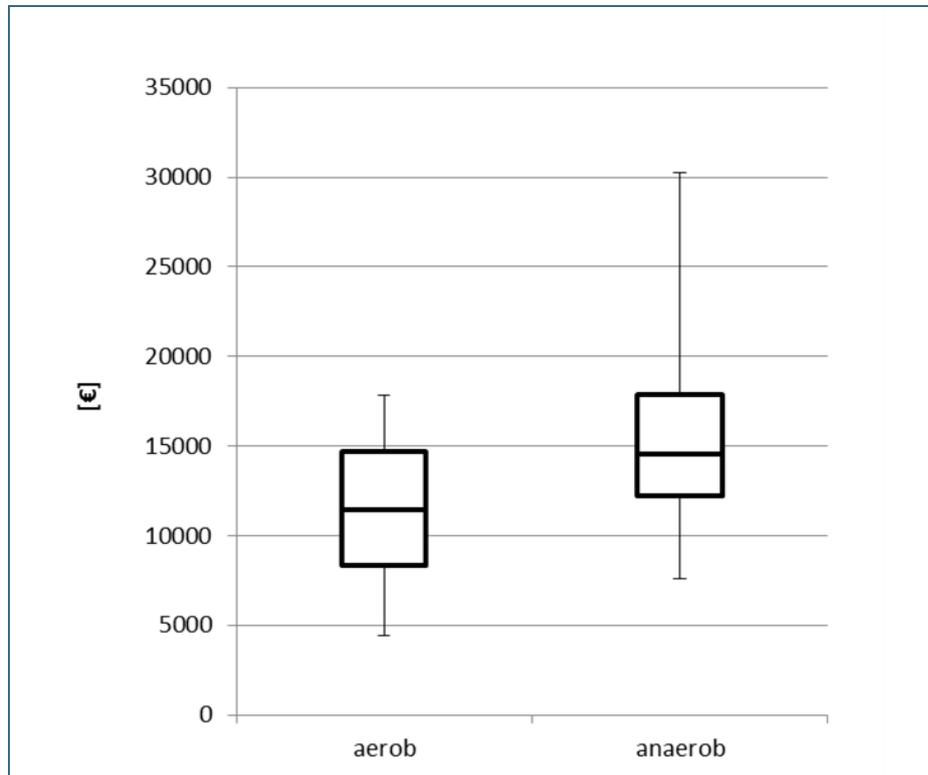


Abb. 13: Kosten der Energieanalysen (In den Boxplots sind der Medianwert, die 2,5 %, 25 %, 75 % und 97,5 %-Perzentile angegeben)

## 6 Optimierung der Energieeffizienz

### 6.1 Instrumente

Das Thema Energieeffizienz auf Kläranlagen ist nicht neu. Schon immer wird vom Betriebspersonal auch auf niedrige Betriebs- und Energiekosten geachtet. Die Ergebnisse der Energieanalysen des bayerischen Sonderprogramms Energieanalysen zeigen gleichwohl, dass sowohl im Bereich der Reduzierung des Stromverbrauchs als auch im Bereich der Stromproduktion auf vielen Anlagen Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden ist.

Wichtige Voraussetzung für einen nachhaltigen, energieeffizienten Betrieb ist das Engagement und die Fachkenntnis des verantwortlichen Betriebspersonals. Zwei wichtige Hilfsmittel für den Kläranlagenbetrieb werden im neuen Arbeitsblatt DWA-A 216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen“ (DWA-A 216) [6] beschrieben.

Praxisnahe Hinweise zur Ermittlung von Maßnahmen für das Betriebspersonal enthält z. B. auch der Leitfaden „Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen“ [7].

Eine weitere Möglichkeit in das Thema energieeffizienter Betrieb von Kläranlagen einzusteigen bietet das Benchmarking. Hier werden ebenfalls Energiekennzahlen erhoben, die es den Betreiber ermöglichen die eigene Situation einzuschätzen.

Auf Bundesebene gibt es derzeit Überlegungen zur Einführung energetischer Anforderungen für Abwasseranlagen. Es wird die verpflichtende Durchführung eines regelmäßigen Energiechecks und von Energieanalysen diskutiert.

## 6.2 Energiecheck

Der Energiecheck nach DWA-A 216 ist ein Werkzeug, um den Betreiber bei der energetischen Optimierung zu unterstützen. Beim Energiecheck werden ausgewählte Kennwerte (vgl. S. 11) durch das Betriebspersonal erhoben mit denen der Energieverbrauch bzw. -einsatz auf Kläranlagen nachverfolgt werden kann

Der Energiecheck ermöglicht so eine eigenständige, überschlagsartige energetische Bestandsaufnahme und Bewertung der Abwasseranlage. Bei einer regelmäßigen Bestandsaufnahme (möglichst jährlich) kann daraus die energetische Entwicklung einer Anlage im zeitlichen Verlauf abgelesen und bei Bedarf gegengesteuert werden (z. B. Austausch oder Reinigung von Belüfterplatten).

Voraussetzung für die Ermittlung der Kennzahlen ist die Erfassung der notwendigen Eingangsdaten und die Installation der entsprechenden Messeinrichtungen. Insbesondere der Stromverbrauch der Belüftung, als maßgeblicher Verbraucher bei Belebungsanlagen, wird erfahrungsgemäß nicht auf allen Kläranlagen separat mittels Stromzähler erfasst. Hier besteht noch Handlungsbedarf.



Abb. 14: Belebungsbecken mit feinblasiger Belüftung

Die ermittelten Energiekennwerte können z. B. innerhalb der Kläranlagennachbarschaften diskutiert werden. Die ermittelten Kennwerte erlauben jedoch auch eine Einordnung der eigenen Kläranlage im Vergleich zu anderen bundesdeutschen Kläranlagen. Das DWA-A 216 enthält hierzu entsprechende Häufigkeitsverteilungen. Bei einem auffällig hohen Energieverbrauch können sich Hinweise auf die Dringlichkeit einer Energieanalyse ergeben.

### 6.3 Energieanalyse

Um maßgebliche Ansatzpunkte und mögliche konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz einer Kläranlage herauszuarbeiten, empfiehlt es sich eine Energieanalyse durch ein externes abwassertechnisches Fachbüro durchführen zu lassen. Dies gilt insbesondere bei auffällig hohen Kennwerten im Energiecheck.

Der Einsatz eines externen Beraters, der nicht in den routinemäßigen Betrieb und bisherigen Planungen eingebunden ist, hat Vorteile. Die mögliche Gefahr von Betriebsblindheit wird so vermieden und die Energieanalyse kann unvoreingenommen durchgeführt werden kann.

Bei allen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ist zu berücksichtigen, dass ein stabiler Betrieb und die Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen als Hauptzweck einer Kläranlage nicht gefährdet werden.

Erfahrungen und die Auswertungen der im Rahmen des bayerischen Sonderprogramms durchgeführten Energieanalysen zeigen, dass i. d. R. auf jeder Kläranlage wirtschaftliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz aufgezeigt und umgesetzt werden können.

## 7 Literatur

- [1] HABERKERN, B. et al.: „Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen“, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006)
- [2] DWA-Themen: Energiepotenziale in der deutschen Wasserwirtschaft Schwerpunkt Abwasser; Hrsg. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2010)
- [3] BLEISTEINER, S.: Energieeffizienz bayerischer Kläranlagen – Auswertung von Eigenüberwachungsdaten; Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft Nr. 194 TU München; S. 103 - 118; München (2008)
- [4] FAULSTICH, M. et al.: Studie „Energieeffizienz auf Kläranlagen“; erstellt im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt; Januar 2009 (unveröffentlicht)
- [5] MÜLLER et al.: Energie in Kläranlagen Handbuch; Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (1999)
- [6] Arbeitsblatt DWA-A 216 (Gelbdruck), Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen; DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef (2013)
- [7] BAUMANN, P.; ROTH, M.: Leitfaden Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen; DWA Landesverband Baden Württemberg (2008)

