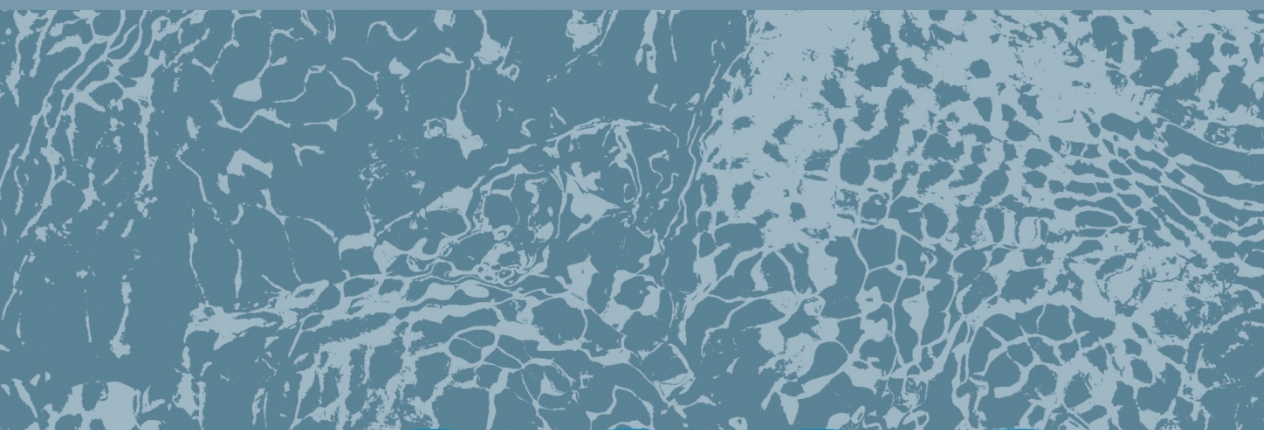


Nachrüstung einer Klärschlammfaulung auf kleinen Kläranlagen

Ergebnisse des Sonderprogramms

„Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfaulung
auf kommunalen Kläranlagen“



wasser





Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Nachrüstung einer Klärschlammfaulung auf kleinen Kläranlagen

**Ergebnisse des Sonderprogramms
„Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfaulung
auf kommunalen Kläranlagen“**

Impressum

Nachrüstung einer Klärschlammfäulung auf kleinen 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

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 67, Stefan Bleisteiner

Redaktion:

LfU, Referat 67, Vera Haid

Bildnachweis:

Ing. Büro ATM, Friedrich-Seele-Straße 1b, 38122 Braunschweig: Abb.11, Seite 14

Stand:

Mai 2015

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfäulung auf kommunalen Kläranlagen“	6
2.1	Anlass für das Sonderprogramm	6
2.2	Abschätzung des energetischen Potenzials	7
2.3	Inhalt des Sonderprogramms	7
3	Teilnehmende Kläranlagen	8
3.1	Anzahl und Verfahrenstechnik	8
3.2	Auslastungsgrad	8
3.3	Schlammstabilisierung und Belebungsbeckenvolumen	9
3.4	Klärschlamm Entsorgung	11
3.5	Stromverbrauch	12
4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	13
4.1	Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnungen	13
4.2	Exkurs: Pilotprojekt Bad Abbach	13
4.3	Investitionskosten	14
4.4	Stromeinsparung	16
4.5	Eigenversorgungsgrad	17
4.6	Einfluss der Ausbaugröße auf die Wirtschaftlichkeit	17
4.7	Fazit	18
5	Literatur	19

1 Zusammenfassung

Zur Schlammstabilisierung kommen im kommunalen Bereich im Wesentlichen zwei Verfahren zum Einsatz. Die simultane aerobe Schlammstabilisierung und die getrennte anaerobe Stabilisierung (Klärschlammfäulung). Anlagen mit Klärschlammfäulung weisen dabei im Vergleich zur simultanen, aeroben Schlammstabilisierung energetische Vorteile auf. Durch das Ausfaulen des Klärschlammes fällt Faulgas als regenerativer Energieträger an, das zur Stromproduktion verwendet werden kann.

Im Bereich von 10.000 bis 50.000 Einwohnerwerten (EW) Ausbaugröße gibt es in Bayern circa 134 Kläranlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung, für die grundsätzlich auch der Einsatz einer Klärschlammfäulung in Frage kommt. Für diese Anlagen lässt sich ein aktivierbares Potenzial für die Stromproduktion bei vollständiger Nachrüstung näherungsweise mit etwa 29 Mio. kWh/a (circa 8.000 Haushalte) abschätzen.

Um den verstärkten Einsatz der energieeffizienten Anaerobtechnik voran zu bringen, wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) in 2013 das Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfäulung auf kommunalen Kläranlagen“ aufgelegt. Mit dem Sonderprogramm wurden die Betreiber unterstützt, eine Untersuchung zur Umrüstung ihrer Kläranlage von aerober Schlammstabilisierung auf getrennte anaerobe Behandlung durchführen zu lassen (Machbarkeitsstudie). Am Sonderprogramm nahmen 18 Betreiber teil.

Bestandteil der Machbarkeitsstudien war eine Kostenvergleichsrechnung (KVR), um eine wirtschaftliche Bewertung durchführen zu können. Im Rahmen der durchgeführten Kostenvergleichsrechnungen sollten die Varianten Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage und Nachrüstung einer anaeroben Schlammstabilisierung (Fäulung) verglichen werden. Bei acht Anlagen kam man zu dem Schluss, dass die Nachrüstung einer Fäulung wirtschaftlich ist. Bei zehn Anlagen zeigte sich im Rahmen der KVR, dass der Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage wirtschaftlicher ist.

Von den teilnehmenden Kläranlagen können im IST-Zustand nur rund 1/3 das nach Arbeitsblatt DWA-131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ [1] notwendige Schlammalter von rechnerisch 25 Tagen als Voraussetzung für die aerobe Schlammstabilisierung nachweisen. Das vorhandene Belebungsbeckenvolumen ist oft deutlich zu klein. Um bei der KVR gleichwertige Lösungen zu vergleichen, wurden in diesen Fällen die Kosten für zusätzliches Belebungsbeckenvolumen berücksichtigt.

Als spezifische Investitionskosten für die Nachrüstung einer Klärschlammfäulung ergeben sich im Median der untersuchten Anlagen 107 € / EW (Ausbaugröße). Das Stromeinsparpotenzial für die acht als wirtschaftlich eingestuften Nachrüstungen liegt bei rund 2,2 Mio. kWh/a und entspricht dem Jahresverbrauch von circa 630 Haushalten.

Erwartungsgemäß ist die Nachrüstung bei den größeren am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen tendenziell eher wirtschaftlich als bei den kleineren Kläranlagen. Im Bereich von 10.000 bis 15.000 EW Ausbaugröße wird in keiner der vorliegenden Machbarkeitsstudien die Nachrüstung einer Fäulung als wirtschaftlich eingestuft.

Eine generelle Ableitung von Amortisationsgrenzen aufgrund der Machbarkeitsstufen ist aufgrund der Vielzahl von möglichen standortspezifischen Einflussgrößen jedoch nicht möglich. Bei aeroben Stabilisierungsanlagen mit Ausbaugrößen von mehr als 10.000 EW sollte daher bei anstehenden Sanierungs- oder Ertüchtigungsmaßnahmen grundsätzlich auch die Nachrüstung einer Fäulung im Rahmen der Planungen geprüft werden.

2 Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfäulung auf kommunalen Kläranlagen“

2.1 Anlass für das Sonderprogramm

Im Zusammenhang mit der Energiewende sollen Energie eingespart, die Effizienz gesteigert und fossile Energieträger ersetzt werden. Auch bei der Abwasserreinigung kann hierzu ein Beitrag geleistet werden, indem z. B. die im Abwasser enthaltene Energie verstärkt genutzt wird. Dabei spielen die Verfahren zur Stabilisierung des bei der Abwasserreinigung anfallenden Schlammes eine wichtige Rolle. Zur Schlammstabilisierung kommen im kommunalen Bereich in Abhängigkeit von der Ausbaugröße der Kläranlage im Wesentlichen zwei Verfahren zum Einsatz. Die simultane aerobe Schlammstabilisierung und die separate anaerobe Stabilisierung (Klärschlammfäulung), bei der methanhaltiges Klärgas anfällt. Da bei der Klärgaserzeugung noch erhebliches Entwicklungspotenzial gesehen wird, wurde vom damaligen Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz das o. g. Sonderprogramm aufgelegt.

Vergleicht man beide o. g. Verfahren, lassen sich für die aerobe Stabilisierung folgende Vor- und Nachteile feststellen.

Vorteile:

- weniger Bauwerke (insbesondere Gasspeicher, BHKW, Faulbehälter und Vorklärbecken können entfallen)
- einfachere Verfahrenstechnik
- niedrigere Investitionskosten
- niedrigerer Betriebs- und Überwachungsaufwand
- hohes Pufferungsvermögen

Nachteile :

- großes Belebungsbeckenvolumen
- schlechtere Eindickfähigkeit und Entwässerbarkeit des Schlammes
- höherer Klärschlammanfall
- energetisch ungünstiger

Je kleiner die Kläranlagen sind, desto mehr fallen die Vorteile der aeroben Stabilisierung ins Gewicht. Eine Auswertung der Kläranlagendatenbank der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung zeigt derzeit folgende Verteilung (vgl. Abb. 1):

- Bei Kläranlagen größer 50.000 EW Ausbaugröße wird die gemeinsame aerobe Schlammstabilisierung nicht eingesetzt.
- Bei Kläranlagen kleiner 10.000 EW Ausbaugröße ist im Wesentlichen das Verfahren der gemeinsamen aeroben Stabilisierung einschlägig.
- Der Bereich von 10.000 bis 50.000 EW ist ein Übergangsbereich, wo beide Verfahren eingesetzt werden, wobei im Bereich 10.000 bis 20.000 EW Ausbaugröße das Verfahren der gemeinsamen aeroben Schlammstabilisierung deutlich dominiert. Im Übergangsbereich 10.000 bis 50.000 EW gibt es rund 134 Kläranlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung, für die grundsätzlich auch der Einsatz einer Klärschlammfäulung in Frage kommt.

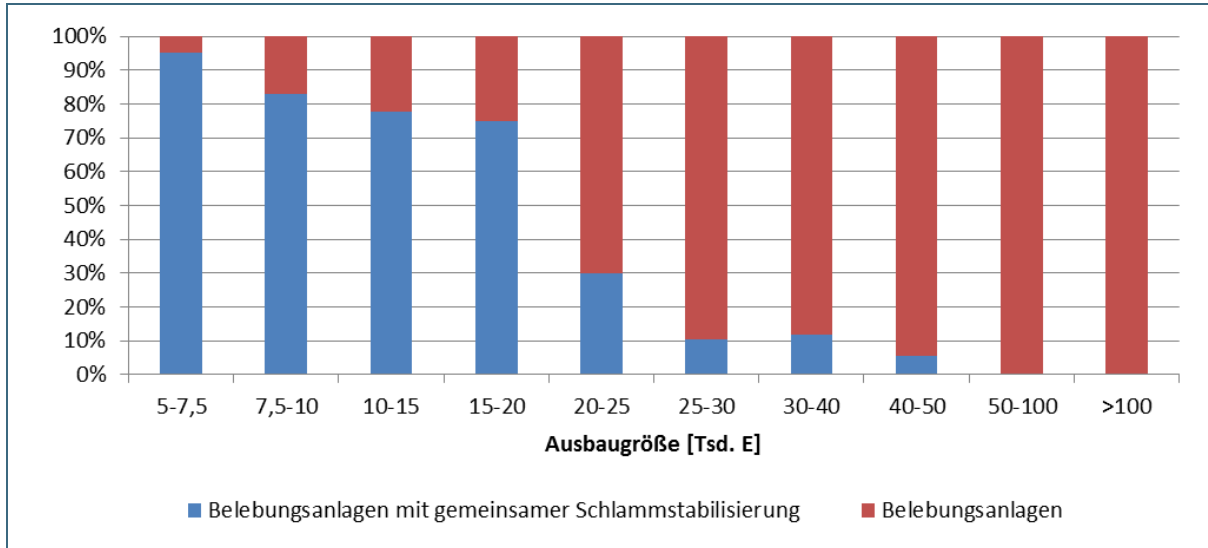


Abb. 1: Anteil der Belebungsanlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung in Abhängigkeit von der Ausbaugröße (Auswertung DABay, Stand 16.04.2015)

Anlagen mit Klärschlammfäulung sind im Vergleich zur simultanen aeroben Schlammstabilisierung energetisch deutlich vorteilhafter. Durch das Ausfäulen des Klärschlammes fällt Faulgas an, das zur Stromproduktion verwendet werden kann. Bei der simultanen aeroben Stabilisierung wird die im Abwasser enthaltene Energie dagegen nicht verwertet. Es wird sogar zusätzlich Energie für die Belüftung aufgewendet, um die eigentlich energiereichen organischen Stoffe im Abwasser zu entfernen. Dieses energetische Potenzial sollte in Zeiten von Klimawandel und steigenden Strompreisen verstärkt genutzt werden.

2.2 Abschätzung des energetischen Potenzials

Für die 134 aeroben Stabilisierungsanlagen mit einer Gesamtausbaugröße von 2,13 Mio. EW lässt sich das aktivierbare Potenzial für die Stromproduktion bei vollständiger Nachrüstung näherungsweise mit etwa 29 Mio. kWh/a (circa 8.000 Haushalte) abschätzen.

Für die Abschätzung wurden folgende Annahmen getroffen:

Kläranlagen sind entsprechend ihrer Ausbaugröße belastet

Verhältnis Bemessungsbelastung zu mittlerer Belastung:	1,3 (Erfahrungswert)
Spezifischer Faulgasanfall:	25 l / E*d (Medianwert aus [2])
Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität:	30 % (circa 67 % Perzentil aus [2])
Heizwert Faulgas:	6,4 kWh/m ³ (aus [2])

2.3 Inhalt des Sonderprogramms

Um für den verstärkten Einsatz der energieeffizienten Anaerobtechnik zu sensibilisieren, wurde vom StMUV in 2013 das Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfäulung auf kommunalen Kläranlagen“ aufgelegt.

Mit dem Sonderprogramm wurden Machbarkeitsstudien für die Umrüstung von Kläranlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung auf eine getrennte anaerobe Behandlung gefördert. Die Höhe der Zuwendung betrug pauschal 10.000 € als Festbetrag, nicht jedoch mehr als 70 % der zuwendungsfähigen Gesamtkosten. Teilnahmeberechtigt waren Betreiber von aeroben Stabilisierungsanlagen mit Ausbaugrößen von 9.000 EW bis 25.000 EW.

Die Machbarkeitsstudie soll dem Kläranlagenbetreiber eine abschließende Bewertung der technischen Machbarkeit und der wirtschaftlichen Randbedingungen einer Umrüstung ermöglichen. Für die wirtschaftliche Bewertung war eine Kostenvergleichsrechnung durchzuführen.

Um Fördermittel zu erhalten, musste den für die Abwicklung der Förderung zuständigen Wasserwirtschaftsämtern die Machbarkeitsstudie und ein Formblatt mit den wichtigsten Ergebnissen vorgelegt werden.

3 Teilnehmende Kläranlagen

3.1 Anzahl und Verfahrenstechnik

Am Sonderprogramm nahmen 18 Betreiber teil, die eine Machbarkeitsstudie erstellten. Die Ausbaugrößen der untersuchten Anlagen lagen den Vorgaben des Sonderprogramms entsprechend im Bereich von 10.000 bis 25.000 EW (vgl. Abb. 2).

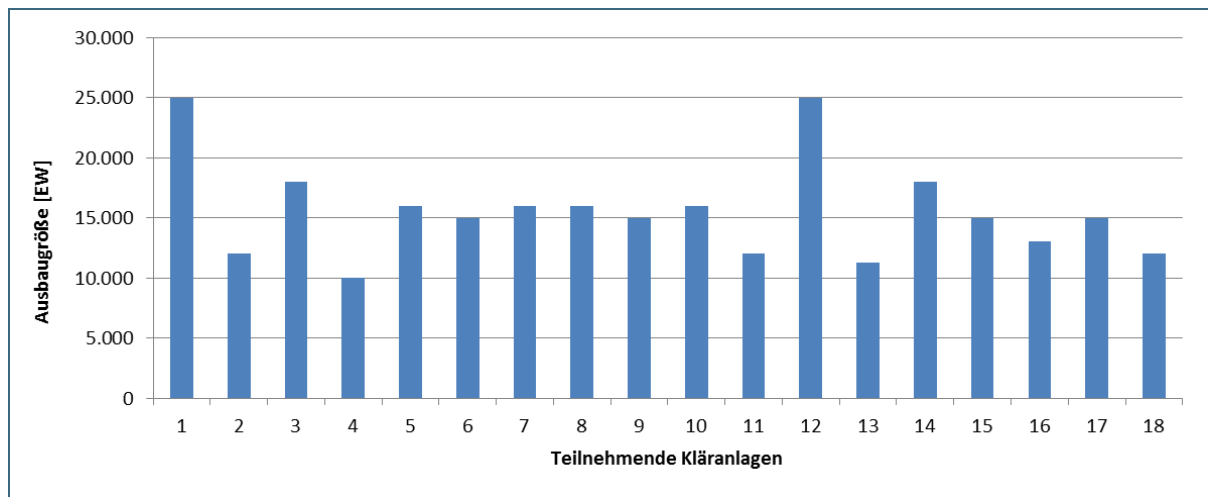


Abb. 2: Ausbaugrößen der am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen

Von den 18 untersuchten Anlagen sind 16 aerobe Stabilisierungsanlagen ohne Vorklärung. Zwei Anlagen haben eine Vorklärung und faulen den Klärschlamm kalt aus.

3.2 Auslastungsgrad

Maßgebend für die Festlegung der Ausbaugröße ist gemäß Abwasserverordnung [3] der 85 % Perzentil der BSB₅¹-Fracht im Zulauf der Kläranlage. Ein Vergleich der Ausbaugröße gemäß Wasserrechtsbescheid mit dem 85 % Perzentil der BSB₅-Zulauffracht deutet an, dass einige Anlagen deutlich überlastet sind (vgl. Abb. 3).

¹ BSB₅ = Biologischer Sauerstoffbedarf in fünf Tagen

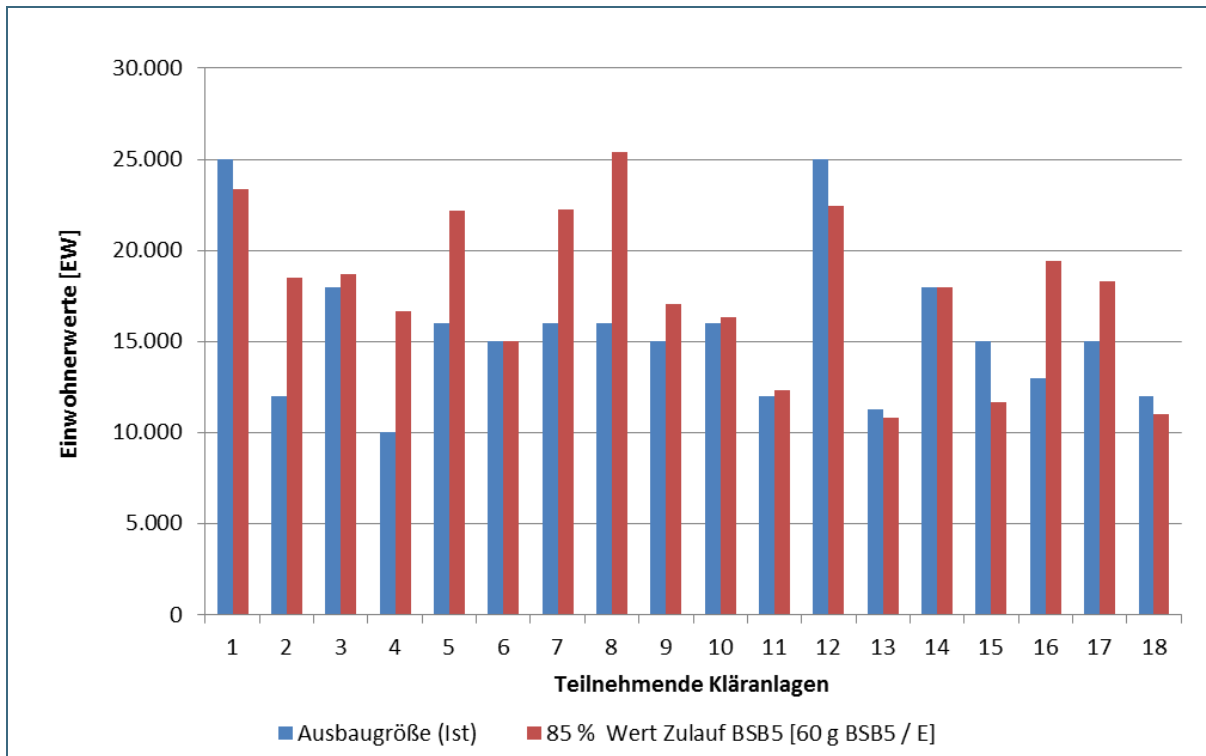


Abb. 3: Auslastung der am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen

3.3 Schlammstabilisierung und Belebungsbeckenvolumen

Ein Großteil der untersuchten Anlagen weist im Bestand für eine ausreichende Schlammstabilisierung ein zu geringes spezifisches Beckenvolumen auf. Für eine aerobe Schlammstabilisierung sind ausreichend große Beckenvolumen notwendig. Als grober Faustwert hierfür können etwa 400 l pro EW Ausbaugröße angesetzt werden [4]. Bei Belebungsanlagen mit externer anaerober Schlammstabilisierung kann man aufgrund des geringeren notwendigen Schlammalters von 150 l pro EW notwendiges Volumen ausgehen [4]. Vergleicht man die spezifischen Beckenvolumen der untersuchten Anlagen mit den Faustwerten fällt auf, dass die 400 l / EW von der Mehrzahl der Anlagen deutlich unterschritten werden. Rund 25 % der untersuchten Anlagen liegen im Bereich von 150 l pro EW oder sogar darunter (vgl. Abb. 4).

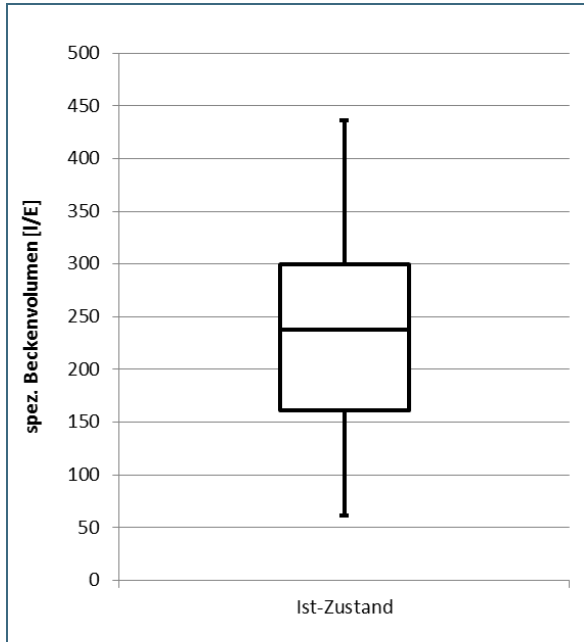


Abb. 4:
Spezifisches Belebungsbeckenvolumen der 18 am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen. (Im Boxplot sind dargestellt: der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der 25 % Perzentil und der 75 % Perzentil.)

Bei zu kleinem Beckenvolumen ist ein rechnerischer Nachweis der Schlammstabilisierung gemäß dem DWA Arbeitsblatt A 131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ nicht möglich. Die Überrechnungen für die bestehenden Anlagen zeigen, dass das erforderliche Schlammalter von 25 Tagen z. T. deutlich unterschritten wurde. Von den 18 teilnehmenden Kläranlagen konnten elf Anlagen das für eine aerobe Stabilisierung notwendige Schlammalter rechnerisch nicht nachweisen (vgl. Abb. 5).

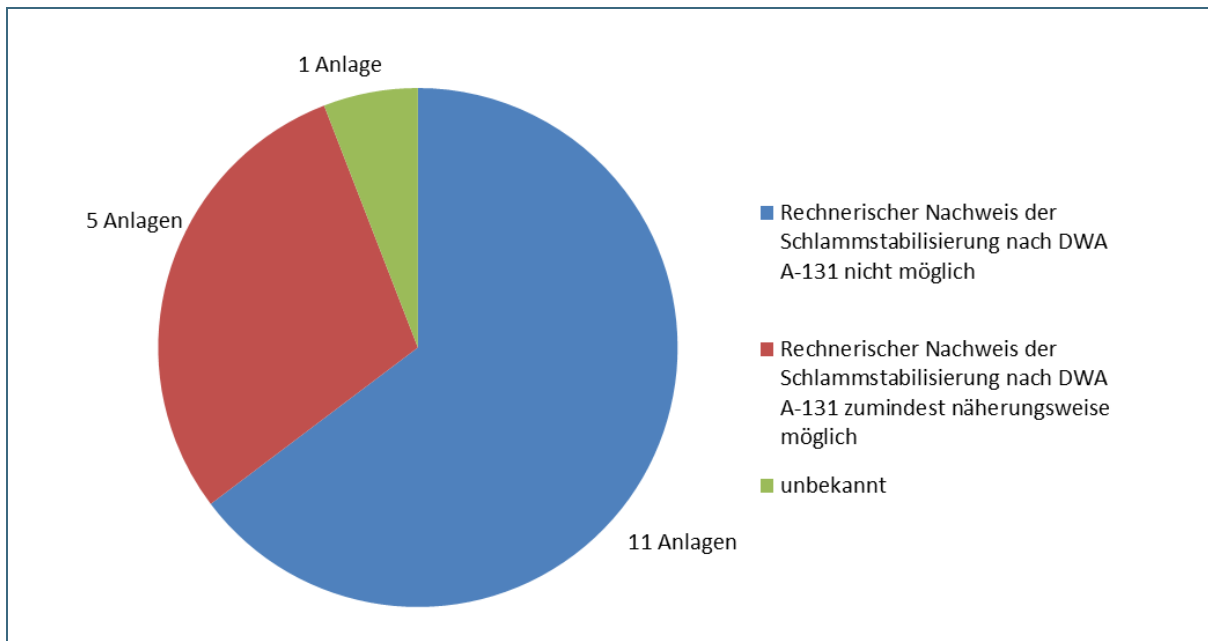


Abb. 5: Nachweis des erforderlichen Schlammalters für den IST-Zustand

3.4 Klärschlamm Entsorgung

Bei den im Rahmen der Machbarkeitsstudien untersuchten 18 Anlagen entsorgen sechs ihren Klärschlamm als Nassschlamm in der Landwirtschaft.

Zwölf Anlagen entwässern ihren Klärschlamm vor der Entsorgung. Wobei sechs Anlagen eine stationäre Klärschlamm entwässerung besitzen und bei weiteren sechs die Entwässerung mittels einer mobilen Presse erfolgt. Der entwässerte Schlamm wird üblicherweise verbrannt oder im Landschaftsbau verwertet (vgl. Abb. 6).

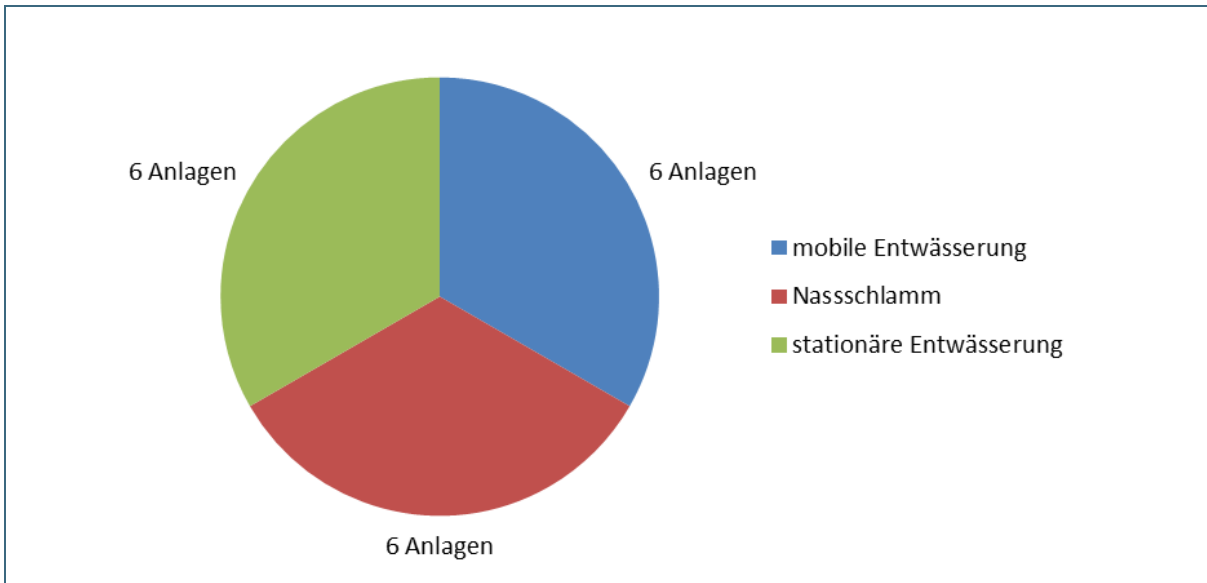


Abb. 6: Klärschlamm Entsorgung/-behandlung der 18 am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen im IST-Zustand.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudien wurden in der Regel auch Vorschläge für die zukünftige Klärschlamm Entsorgung erarbeitet. Bei neun Anlagen wird die Nachrüstung einer stationären Entwässerung empfohlen. Lediglich bei drei Anlagen soll die Nassschlammverwertung in der Landwirtschaft bzw. die mobile Entwässerung beibehalten werden (vgl. Abb. 7).

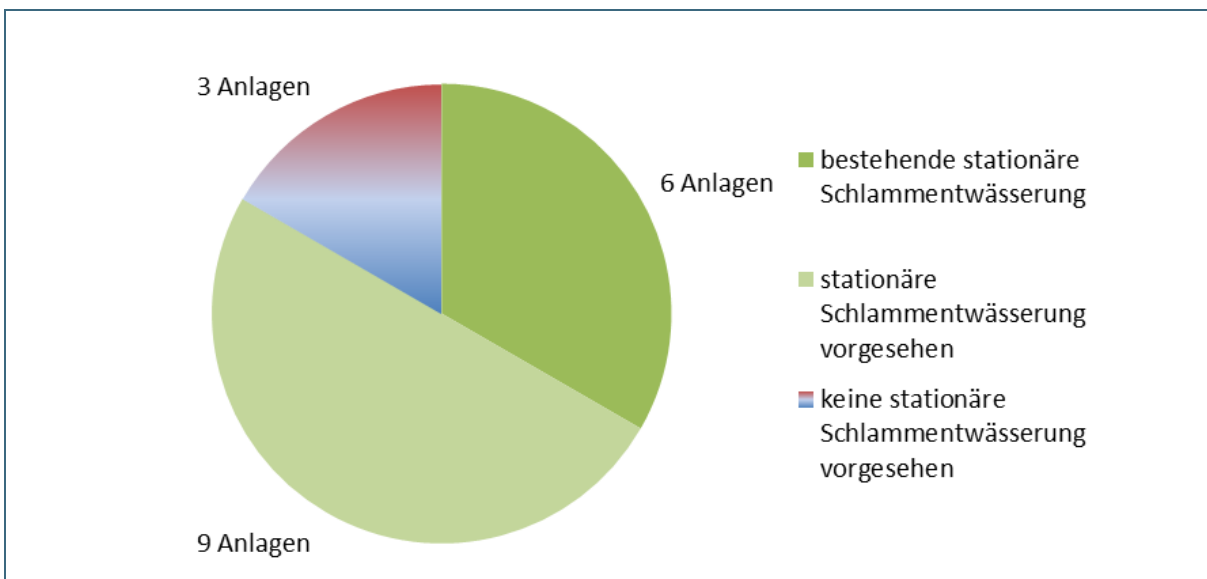


Abb. 7: Empfehlungen der Machbarkeitsstudien zur zukünftigen Klärschlamm Entsorgung/-behandlung der 18 am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen.

3.5 Stromverbrauch

Im Vergleich zu den Werten des Arbeitsblatts DWA-A 216 [2] liegen die spezifischen Stromverbräuche der untersuchten Anlagen in einem günstigen Bereich. Der Median-Wert im Arbeitsblatts DWA-A 216 für die Anlagen der GKL 4 liegt bei etwa 35 kWh/EW a. Der spezifische Stromverbrauch der untersuchten Anlagen im Ist-Zustand entspricht im Median dagegen etwa nur 29 kWh/EW a (vgl. Abb. 8 und Abb. 9).

Konkrete Ursachen für den energetisch günstigen Zustand der Anlagen sind nicht ohne weiteres ersichtlich. Ein möglicher Grund könnte sein, dass aufgrund der für Stabilisierungsanlagen überwiegend zu geringen Schlammalter der Stromverbrauch für die Belüftung niedriger als üblich ausfällt.

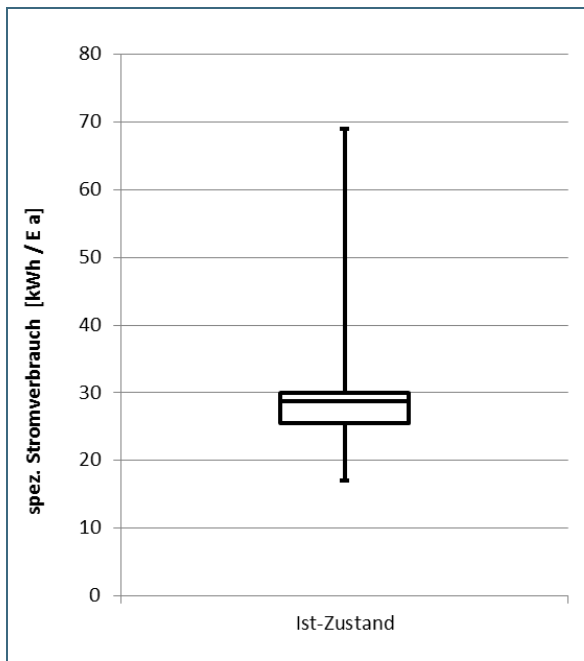


Abb. 8: Spezifischer Stromverbrauch der 18 am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen im IST-Zustand. (Im Boxplot sind dargestellt: der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der 25 % Perzentil und der 75 % Perzentil.)

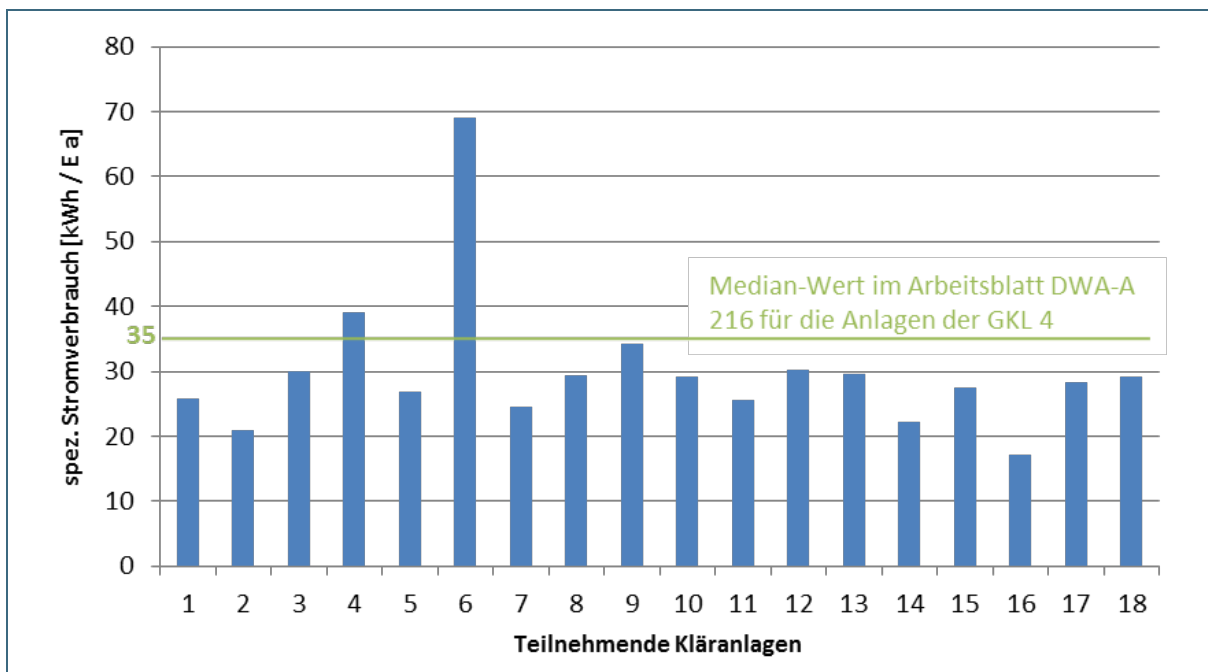


Abb. 9: Spezifischer Stromverbrauch der 18 am Sonderprogramm teilnehmenden Kläranlagen im IST-Zustand

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

4.1 Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnungen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudien wurden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die beiden Varianten „Umrüstung in Anlage mit Klärschlammfäulung“ (Variante Umrüstung) und „Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage“ (Variante Weiterbetrieb) anhand einer Kostenvergleichsrechnung nach KVR Leitlinien [5] durchgeführt. Dabei waren die Vorgaben der Leitlinien hinsichtlich Nutzungsdauern, Betrachtungszeitraum (50 Jahre) und Zinssatz (3 %) zu beachten. Für einen aussagekräftigen Vergleich wurde gefordert, dass die Variante Weiterbetrieb und die Variante Umrüstung einen vergleichbaren Standard aufweisen.

Für viele der untersuchten Anlagen musste beim Kostenvergleich für die Variante „Weiterbetrieb“ der Neubau von zusätzlichen Beckenvolumen berücksichtigt werden, um eine aerobe Schlammstabilisierung und damit die Gleichwertigkeit der beiden Varianten zu gewährleisten.

Bei acht der 18 untersuchten Anlagen kam man zu dem Schluss, dass die Nachrüstung einer Fäulung wirtschaftlich ist. Bei den anderen zehn Anlagen zeigte sich im Rahmen der KVR, dass der Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage wirtschaftlicher ist (vgl. Abb. 10).

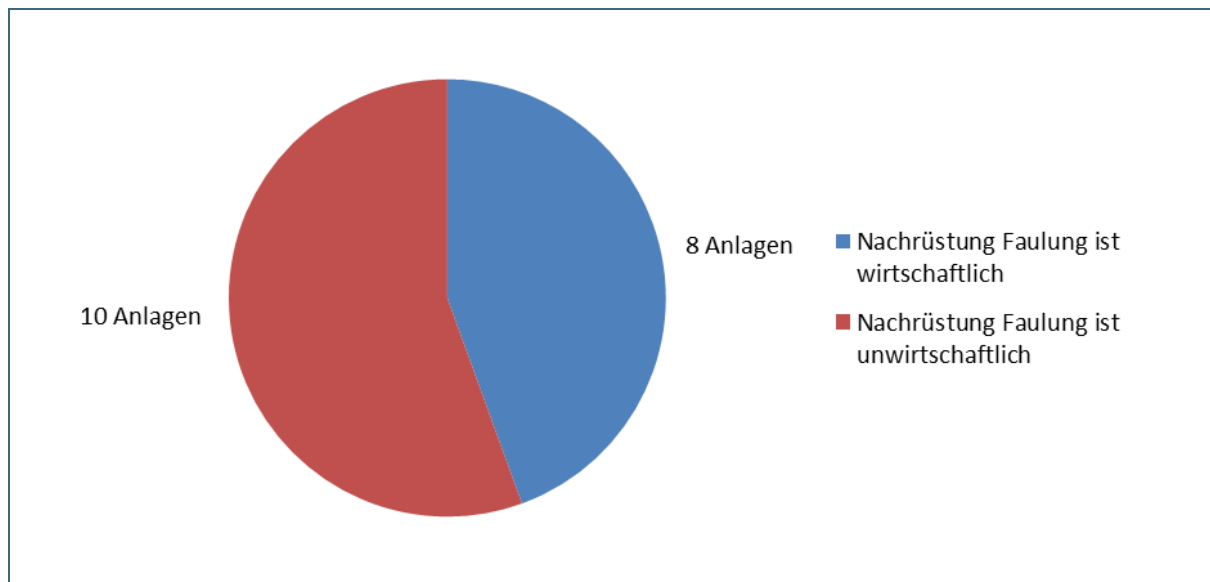


Abb. 10: Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnungen zur Nachrüstung einer Fäulung

4.2 Exkurs: Pilotprojekt Bad Abbach

Im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz initiierten und finanziell geförderten Pilotvorhabens „Energetische Optimierung von Kläranlagen durch Nachrüstung einer anaeroben Klärschlammbehandlung“ wurde die Kläranlage Bad Abbach, die bisher als aerobe Stabilisierungsanlage betrieben wurde, modellhaft mit einer Klärschlammfäulung nachgerüstet (vgl. Abb. 11). Im Rahmen des Vorhabens wurden auch umfangreiche Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit der Nachrüstung einer Fäulung dargestellt.

Die Kläranlage Bad Abbach wurde ursprünglich für eine Ausbaugröße von 10.000 EW konzipiert. Infolge des Bevölkerungszuwachses wurde die Auslegungsbelastung jedoch zwischenzeitlich dauerhaft überschritten. Für die notwendige Erweiterung der Kläranlage wurde eine Ausbaugröße von 16.000 EW zugrunde gelegt.

Mit dem Pilotvorhaben wurden insbesondere folgende Ziele verfolgt:

- Förderung des verstärkten Einsatzes der Anaerobtechnik durch eine Referenzanlage.
- Sensibilisierung für die energetischen Einsparpotenziale der rund 130 Kläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung von 10.000 bis 50.000 EW.



Abb. 11:
Faulbehälter mit integriertem Gasspeicher
in Bad Abbach

Am Beispiel der Kläranlage Bad Abbach konnte gezeigt werden, dass eine verfahrenstechnische Umstellung bei Kläranlagen dieser Größenordnung möglich ist und langfristig wirtschaftlich sein kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn wie in Bad Abbach ohne eine Verfahrensumstellung Erweiterungsmaßnahmen, wie die Nachrüstung von Belebungsbeckenvolumen, erforderlich sind. Bei einem Anstieg der Kosten für die Schlammverwertung oder einer Strompreissteigerung wird der wirtschaftliche Vorteil einer anaeroben Stabilisierung auch bei kleineren Anlagen weiter verstärkt. Eine pauschale Festlegung einer Wirtschaftlichkeitsuntergrenze ist aufgrund der Vielzahl der standortspezifisch festzulegenden Einflussgrößen nicht möglich. Dieses ist für jede Anlage im Einzelfall zu prüfen. [6]

4.3 Investitionskosten

Für die KVR mussten insbesondere die Investitionskosten für die Variante Umrüstung abgeschätzt werden. In der Regel müssen dabei folgende Anlagenteile berücksichtigt werden:

- Vorklärbecken
- Anaerobreaktor
- Gasspeicher (ggf. in Anaerobreaktor integriert)
- BHKW und Gasfackel ggf. mit Installation einer Gasaufbereitung zur Elimination der Schwefel- und Siloxanverbindungen
- Einbau entsprechender EMSR-Technik

Die abgeschätzten Kosten für die Nachrüstung liegen für die untersuchten Anlagen in einem Bereich von 1,3 bis 4 Mio. € (vgl. Abb. 12).

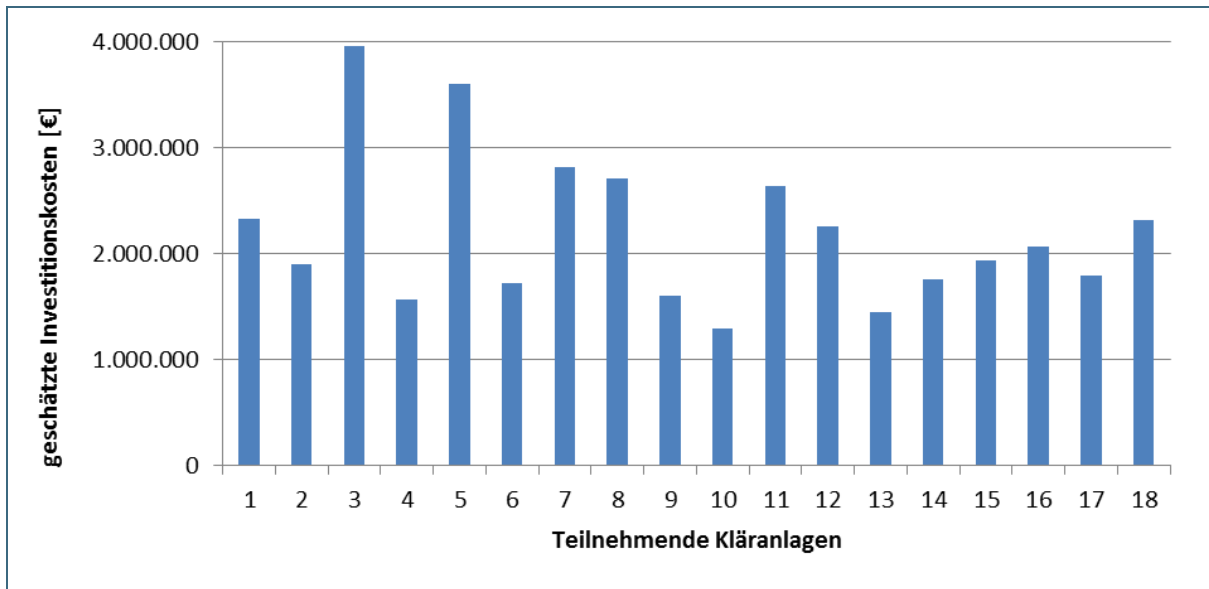


Abb. 12: Investitionskosten gemäß Machbarkeitsstudien für die Nachrüstung einer Faulung

Die abgeschätzten spezifischen Kosten (Investitionskosten/geplante Ausbaugröße) für die 18 untersuchten Anlagen liegen zwischen 76 €/EW und 219 €/EW (vgl. Abb. 13). Der Median beträgt 107 €/EW (vgl. Abb. 14).

Zum Vergleich: Die tatsächlichen spezifischen Kosten für die im Rahmen des Pilotprojektes in Bad Abbach mit einer Faulung nachgerüstete Kläranlage liegen bei 81 €/EW und die Investitionskosten bei 1,3 Mio. € (brutto, inkl. Nebenkosten). [6]

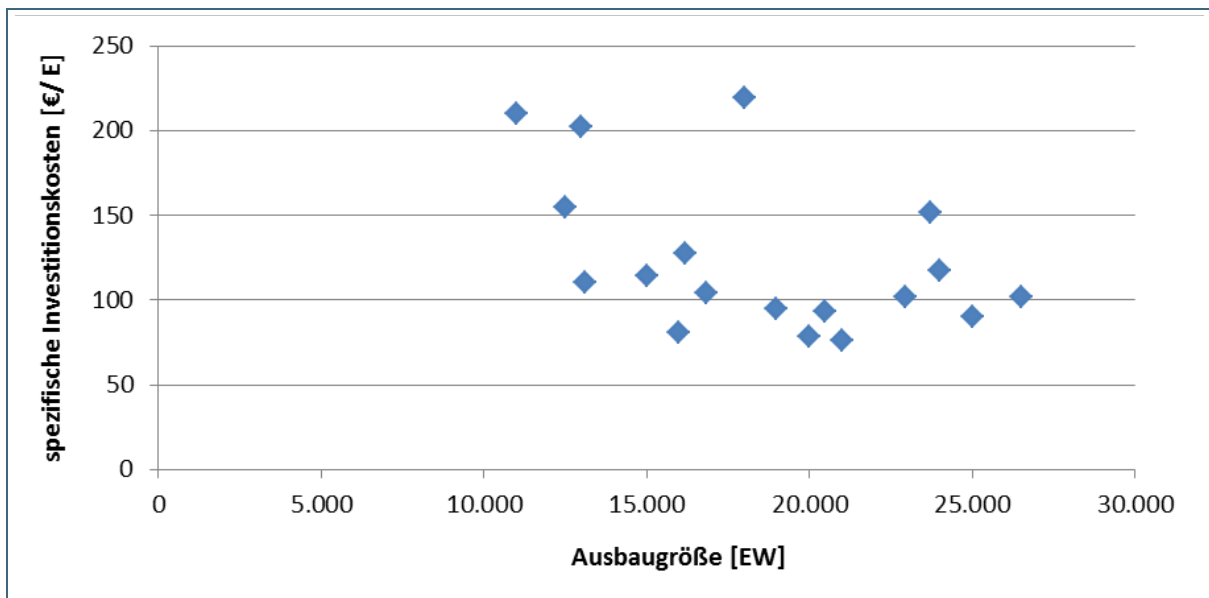


Abb. 13: Spezifische Investitionskosten gemäß Machbarkeitsstudien für die Nachrüstung einer Faulung in Abhängigkeit von der Ausbaugröße

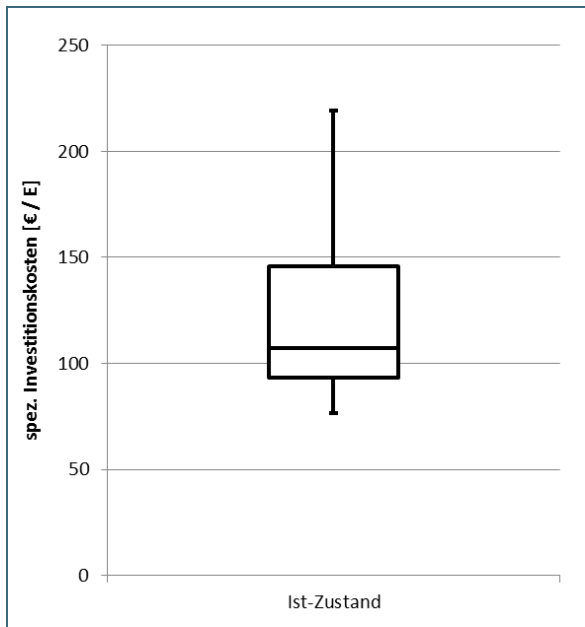


Abb. 14:
Spezifische Investitionskosten gemäß Machbarkeitsstudien für die Nachrüstung einer Faulung. (Im Boxplot sind dargestellt: der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der 25 % Perzentil und der 75 % Perzentil.)

4.4 Stromeinsparung

Bei einer Kostenvergleichsrechnung sind neben den Investitionskosten die unterschiedlichen Betriebskosten der beiden Varianten zu berücksichtigen. Neben dem geringeren Klärschlammfall weist die Variante Umrüstung vor allem aufgrund der Möglichkeit zur Stromproduktion deutlich geringere Betriebskosten auf.

Die Bandbreite der abgeschätzten absoluten Stromeinsparpotenziale der 18 untersuchten Anlagen liegen zwischen circa 50.000 bis circa 400.000 kWh/a (vgl. Abb. 15). Würden **alle** 18 untersuchten Anlagen mit einer Klärschlammfaulung nachgerüstet werden, ergäben sich im Vergleich zum Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage absolute Einsparungen beim Strombezug in Höhe von 4,2 Mio. kWh/a. Dies entspricht dem Jahresverbrauch von etwa 1.200 Haushalten. Die relativen Stromeinsparungen der untersuchten Anlagen lägen im Median bei etwa 63 %.

Das Einsparpotenzial für die acht Nachrüstungen, die als wirtschaftlich eingestuft wurden, liegt bei rund 2,2 Mio. kWh/a und entspricht dem Jahresverbrauch von circa 630 Haushalten.

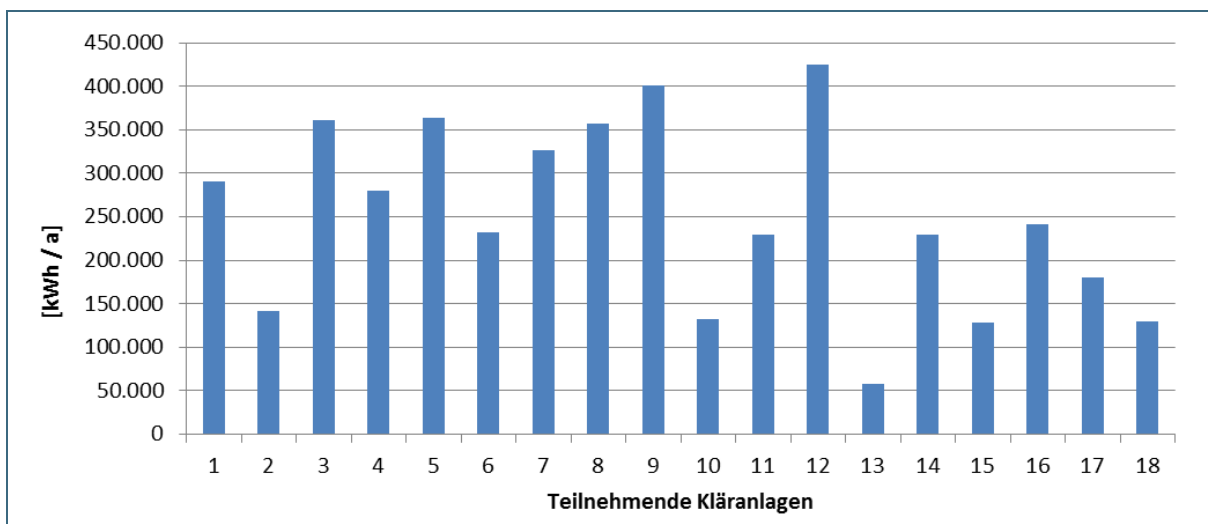


Abb. 15: Abgeschätzte absolute Stromeinsparpotenziale bei Nachrüstung einer Faulung

Zum Vergleich: Auf der Kläranlage Bad Abbach konnte durch die Nachrüstung der Faulung der durchschnittliche Strombezug von rund 790 kWh/d auf etwa 200 bis 250 kWh/d reduziert werden. Dies entspricht einer tatsächlichen Einsparung von circa 195.000 kWh/a [6].

4.5 Eigenversorgungsgrad

Durch die Nachrüstung einer Klärschlammfäulung kann ein beträchtlicher Anteil des Strombedarfs einer Kläranlage gedeckt werden. Der Eigenversorgungsgrad mit Strom würde gemäß den Abschätzungen aus den Machbarkeitsstudien im Median bei etwa 60 % liegen (vgl. Abb. 16). Der Eigenversorgungsgrad der Pilotanlage in Bad Abbach liegt bei circa 67 %.

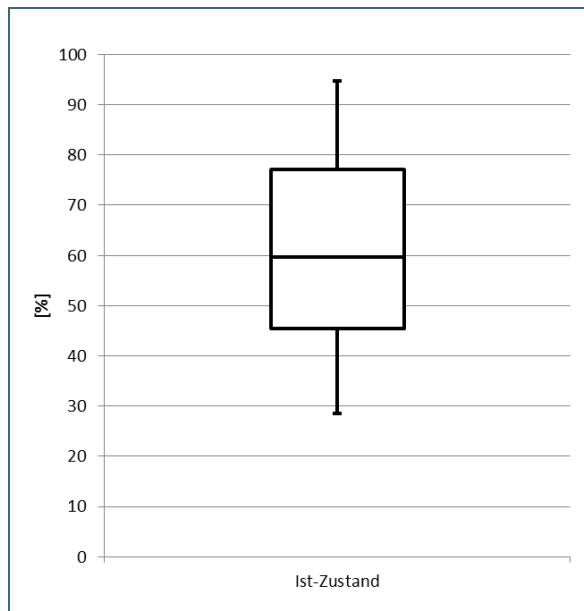


Abb. 16:
Abgeschätzte Eigenversorgungsgrade bei Nachrüstung einer Faulung
(Im Boxplot sind dargestellt: der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der 25 % Perzentil und der 75 % Perzentil.)

4.6 Einfluss der Ausbaugröße auf die Wirtschaftlichkeit

Erfahrungen zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit und damit auch der Anteil von Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung mit zunehmender Ausbaugröße sinkt (vgl. Abb. 1). Diese Tendenz lässt sich grundsätzlich auch bei den im Rahmen der Machbarkeitsstudien untersuchten Anlagen beobachten. Die Boxplots in Abb. 17 zeigen, dass in den acht Fällen, in denen die Nachrüstung als wirtschaftlich eingestuft wurde, die Ausbaugrößen tendenziell größer sind als in den Fällen (zehn), in denen die Nachrüstung als unwirtschaftlich eingestuft wurde. Die kleinste Anlage, bei der die Nachrüstung als wirtschaftlich eingestuft wurde, hatte eine Ausbaugröße von 16.000 EW.

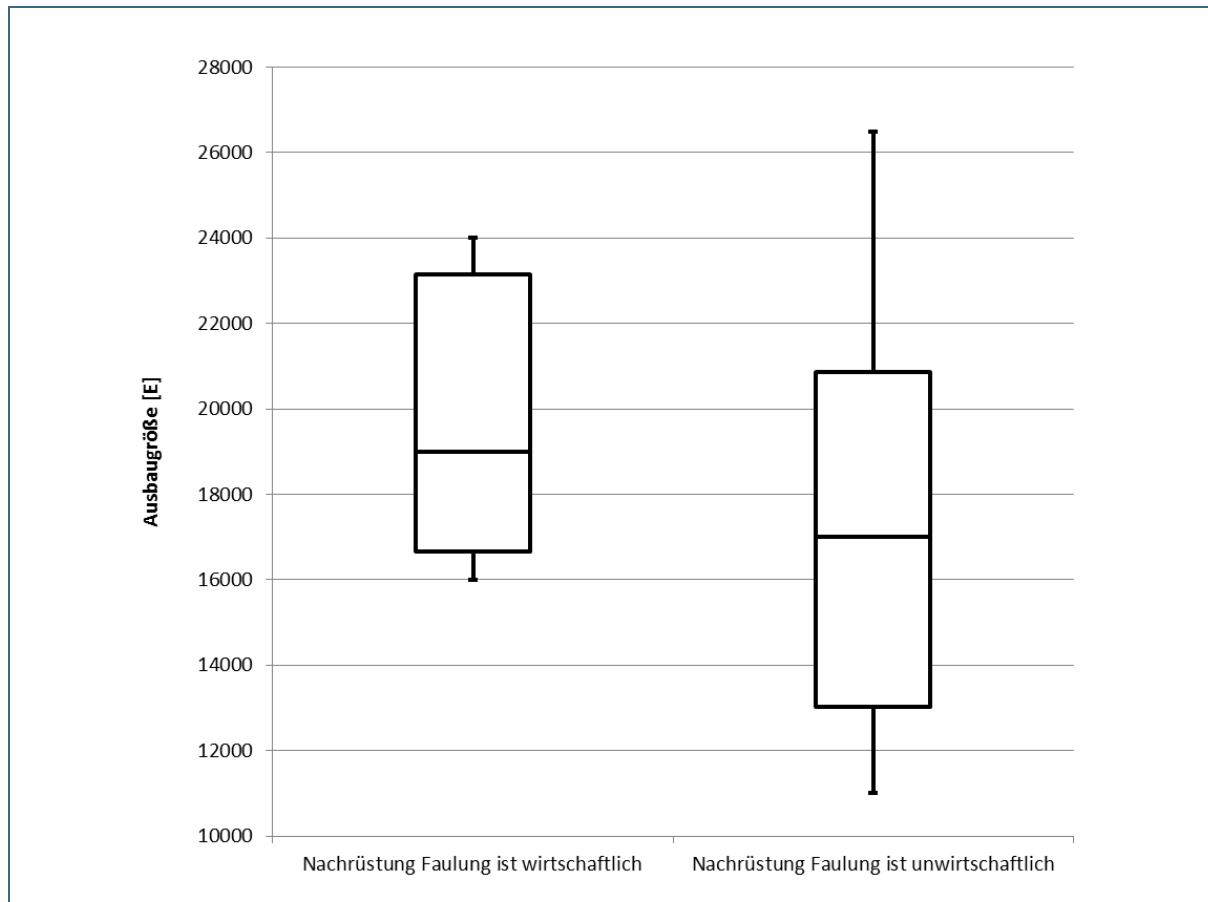


Abb. 17: Wirtschaftlichkeit einer Faulung in Abhängigkeit von der Ausbaugröße (In den Boxplots sind dargestellt: der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der 25 % Perzentil und der 75 % Perzentil)

4.7 Fazit

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass auch kleinere Kläranlagen mit Ausbaugrößen im Bereich 10.000 bis 20.000 EW erfolgreich mit einer Klärschlammfaulung nachgerüstet werden können. Dies konnte mit dem Pilotvorhaben „Energetische Optimierung durch Nachrüstung einer anaeroben Klärschlammbehandlung“ auf der Kläranlage Bad Abbach gezeigt werden. Insbesondere wenn Erweiterungsmaßnahmen notwendig sind und Belebungsbeckenvolumen nachgerüstet werden müsste, wie dies auch bei der Kläranlage Bad Abbach der Fall war, kann die Nachrüstung einer Faulung wirtschaftlich vorteilhaft sein. Es ist aber grundsätzlich immer eine Einzelfallbetrachtung notwendig [6].

Sobald bei aeroben Stabilisierungsanlagen mit Ausbaugrößen von mehr als 10.000 EW Sanierungs- oder Ertüchtigungsmaßnahmen anstehen, sollte daher auch die Nachrüstung einer Faulung im Rahmen der Planungen geprüft werden. Eine generelle Ableitung von Amortisationsgrenzen aufgrund der Machbarkeitsstufen ist aufgrund der Vielzahl von möglichen standortspezifischen Einflussgrößen nicht möglich.

Eine bedeutende Einflussgröße auf die Wirtschaftlichkeit bei Nachrüstung einer Faulung ist die Notwendigkeit einer ausreichenden Schlammstabilisierung als Verfahrensziel. Sofern zukünftig, z. B. aufgrund der sich abzeichnenden deutlich höheren Anforderungen an die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm bzw. eines mittelfristig zu erwartenden Verbots, die Schlammstabilisierung als Verfahrensziel in der derzeitigen Form im Hinblick auf den Entsorgungspfad nicht mehr zwingend erforderlich sein sollte, dürfte dies auch Auswirkungen auf die Amortisationsgrenzen haben.

5 Literatur

- [1] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2000): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131, Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Hennef.
- [2] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2013): Arbeitsblatt DWA-A 216 (Gelbdruck), Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen, Hennef.
- [3] Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. September 2014 (BGBl. I S. 1474).
<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/abwv/gesamt.pdf>
- [4] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden Württemberg (2005): Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen im Zeichen europäischer Anforderungen, Stuttgart.
http://la.boa-bw.de/jspview/archive/frei/6129c66b-8a77-4f44-ac57-226ae1a724ee/0/www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/12470/Leitfaden_Bemessung_Belebungsanlagenf2c6.pdf?command=downloadContent
- [5] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2012): KVR-Leitlinien 2012, Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 8. überarbeitete Auflage, Hennef.
- [6] Wedi, D., Michalski, N., Christ, O.(2015): Endbericht zum Pilotvorhaben „Energetische Optimierung durch Nachrüstung einer anaeroben Klärschlammbehandlung.

