

WIR MACHEN ENERGIEGEWINNER



ABWASSERBEHANDLUNG IN SACHSEN-ANHALT – ENERGIEEFFIZIENZ STEIGERN



EINE WICHTIGE GEMEINSCHAFTSAUFGABE

Funktionstüchtige Anlagen zur Abwasserbehandlung sind eine Grundvoraussetzung für intakte Gewässer und stellen somit unverzichtbare Infrastruktureinrichtungen für das Land Sachsen-Anhalt dar. Um die wichtige Gemeinschaftsaufgabe Abwasserreinigung stets lückenlos erfüllen zu können, benötigt der Behandlungsprozess große Mengen Energie. Kläranlagen zählen dabei zu den größten Stromverbrauchern in einer Kommune.

Kläranlagen sollen entsprechend der Abwasserverordnung so errichtet und betrieben werden, dass eine energieeffiziente Betriebsweise ermöglicht wird. Die bei der Abwasserbeseitigung entstehenden Energieeinsparpotenziale sind, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, zu nutzen. Hierbei dürfen natürlich die Bestrebungen zur Verbesserung der Energieeffizienz nicht dem eigentlichen Zweck der Abwasserbeseitigung mit der Zielsetzung des Gewässerschutzes zuwiderlaufen.

Die örtlichen Randbedingungen, das angewendete Reinigungsverfahren sowie die eingesetzte Technik bestimmen den Energiebedarf einer Kläranlage. Eine Vielzahl der Anlagen unseres Bundeslandes weist inzwischen eine hohe Gesamtlaufzeit auf. Daraus resultiert ein enormes Erneuerungspotenzial.

Dynamische Innovationsraten bei Produkten und Verfahren bieten viele Möglichkeiten zur Optimierung der Prozesse und der Wirtschaftlichkeit in der Abwasserbehandlung.

Insbesondere das Abfallprodukt Klärschlamm ist zunehmend als Rohstoff- und Energielieferant zu verstehen.

Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie stellt als Anreiz für Investitionen in energieeffiziente Anlagentechnik Fördermittel zur Verfügung. Die vorliegende Broschüre soll dabei helfen, Ansatzpunkte zu finden und die vorhandenen Energieeinsparpotenziale konsequent zu erschließen. Das ist dann gut für das Klima und für die Kasse.

Ihre Prof. Dr. Claudia Dalbert
Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft und Energie
des Landes Sachsen-Anhalt

INHALT

ABWASSERBEHANDLUNG IN DEUTSCHLAND	5
ABWASSERBEHANDLUNG IN SACHSEN-ANHALT	7
DER ENERGIEEFFIZIENTE REINIGUNGSPROZESS	10
DAS ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM	12
ABWASSERBEHANDLUNG IM FOKUS	13
Mit digitaler Simulation zu mehr Energieeffizienz	13
Zulauf	14
Rechen	15
Sand- und Fettfang	15
Vorklärung / Absetzbecken	16
Biologische Reinigung / Belebungsbecken	18
Nachklärung	19
Ablauf	19
Klärschlammbehandlung	21
Aerobe Schlammstabilisierung	21
Anaerobe Schlammstabilisierung	22
FÖRDERMITTEL	22
Mitwirkende Partner	23
Quellen	23



ABWASSERBEHANDLUNG IN DEUTSCHLAND

Der Mensch trägt seit jeher auf ganz unterschiedliche Weise Verunreinigungen in Gewässer ein. Um Umwelt und Natur davor zu schützen, arbeiten Kläranlagen zuverlässig als Teil eines großen Reinigungs- und Aufbereitungsnetzwerks. Kläranlagen trennen das wieder einzuleitende Wasser von den mitgeführten Schmutzfrachten. Aktuell unterliegt die daraus resultierende Klärschlamm Entsorgung Verschärfungen von gesetzlichen Verordnungen und Richtlinien.

Der biologische Prozess der Abwasserbehandlung basiert auf einem Reinigungsverfahren, wie es über einen deutlich längeren Zeitraum auch in natürlichen Gewässern stattfindet. In Abwasserbehandlungsanlagen muss die Reinigung unter Berücksichtigung des Standes der Technik (Emissionsbetrachtung) und unter Beachtung der Wirkung im Gewässer (Immissionsbetrachtung) im sogenannten kombinierten Ansatz erfolgen. Dazu wird – bis auf einige Ausnahmefälle – elektrische Energie oder Wärme benötigt.

In Deutschland sind ca. 95 Prozent der privaten Haushalte und öffentlichen Einrichtungen an die kommunale Abwasserentsorgung angeschlossen, wobei laut dem Statistischen Bundesamt (StaBa) im Jahr 2013 ca. 10 Milliarden Kubikmeter Abwasser behandelt wurden. Im europäischen Umfeld ist Deutschland damit das Land, in welchem der größte

Anteil dieses anfallenden Abwassers vor der Einleitung in Oberflächengewässer gereinigt wird. Dies stellt nicht nur große Herausforderungen an die Kapazität und Logistik der Abwasserbehandlungsanlagen, sondern verursacht auch ganz erhebliche Energieverbräuche. Im Durchschnitt haben Kläranlagen einen Anteil von 20 % am Energiebedarf einer Kommune. Der Gesamtenergiebedarf der 10.000 Kläranlagen liegt in der Größenordnung von 4.400 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr. Das entspricht etwa dem Bedarf von 900.000 Vier-Personen-Haushalten und einer CO₂-Emission von 3 Millionen Tonnen pro Jahr [UBA, 2009].

Im bundesweiten Vergleich liegt der jährliche spezifische Energiebedarf der deutschen Kläranlagen bei 35 Kilowattstunden (kWh) je zu behandelndem Einwohnerwert (EW) und Jahr (kWh/E*a).

i Der EW dient als Referenzwert der Schmutzfracht in der Wasserwirtschaft. Er kann auf den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅), den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), den Stickstoff, den Phosphor, den gesamten organischen Kohlenstoff, die Schwebstoffe oder auf den Wasserverbrauch bezogen werden. Im Leistungsvergleich der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) werden die Abwasserbehandlungsanlagen in Größenklassen entsprechend der Abwasserverordnung ausgewertet.

Die alleinige Betrachtung des Gesamtenergieverbrauchs einer Kläranlage ist nicht sehr aufschlussreich, da viele Anlagen über eine Eigenstromversorgung verfügen. Zudem steigt oder sinkt der Gesamtenergieverbrauch mit der pro Jahr behandelten Menge an Einwohnerwerten.

Der spezifische Energieverbrauch hingegen ist die Menge an elektrischer Energie, die benötigt wird, um einen angefallenen Einwohnerwert zu reinigen. Mit steigender Größenklasse erhöht sich der Gesamtstromverbrauch sprunghaft – der spezifische Stromverbrauch sinkt jedoch.

Größenklasseneinteilung von Kläranlagen nach Anhang 1 Abwasserverordnung (AbwV)

Größenklasse (GK)	Kapazität
1	< 1.000 EW
2	1.000 EW - 5.000 EW
3	5.001 EW - 10.000 EW
4	10.001 EW - 100.000 EW
5	> 100.000 EW

i Der spezifische Energiebedarf pro Einwohnerwert ist auf großen Anlagen geringer als auf kleinen. Energieeffizienzpotenziale bieten alle Größenklassen.

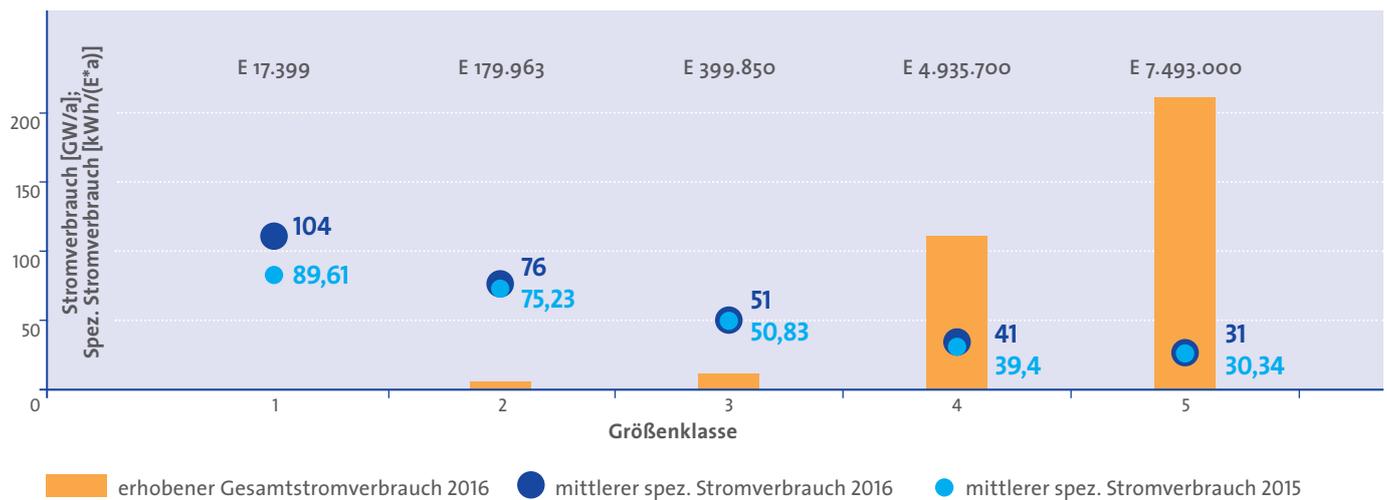


Abbildung 1: Gesamtstromverbrauch und spezifischer Stromverbrauch der Größenklassen im Gebiet der DWA Nord-Ost [Leistungsvergleich 2015 Kläranlagen-Nachbarschaften DWA Nord-Ost]

Der Klimawandel macht einen bewussteren und schonenderen Umgang mit verfügbaren Ressourcen notwendig. Themen wie Energieverbrauch, Energieeffizienz und -rückgewinnung vor dem Hintergrund steigender Energiepreise, rücken sowohl im privaten als auch im öffentlichen Sektor immer mehr in den Fokus.

Die technische Entwicklung und die Verbreitung innovativer Verfahren machen die Nutzung erneuerbarer Energien ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich attraktiv.

Gewässer können durch funktionstüchtige Kläranlagen vor umweltbelastenden Stoffen geschützt werden. Da sie jedoch zu den größten kommunalen Energieverbrauchern zählen, ist es aus ökonomischer und ökologischer Sicht sinnvoll, vorhandene Einsparpotenziale zu nutzen. Der spezifische Stromverbrauch ist durch verbesserte Energieeffizienz, umfassende Prozessoptimierung und Verwendung innovativer Reinigungsverfahren nachhaltig und dauerhaft zu senken.



ABWASSERBEHANDLUNG IN SACHSEN-ANHALT

In Sachsen-Anhalt gab es im Jahr 2016 230 Kläranlagen, die von 48 Abwasserverbänden und kommunalen sowie privaten Unternehmen betrieben wurden. Die behandelte Abwassergesamtmenge belief sich auf rund 150 Millionen Kubikmeter pro Jahr. Dies entspricht einer Abwassermenge von 112 Litern pro Einwohner und Jahr. (Quelle: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, LAU)

Im Zuge der Eigenüberwachung gemäß Eigenüberwachungsverordnung des Landes Sachsen-Anhalt (EigÜVO) lieferten die Aufgabenträger der

Abwasserverbände Daten für 213 Kläranlagen bezüglich dem Verbrauch von elektrischer Energie an die zuständigen Wasserbehörden. 2016 wurden demnach 115 GWh elektrische Energie benötigt, was einem Mittelwert von 36,6 kWh je Einwohnerwert und Jahr bedeutet. 20 GWh wurden selbst erzeugt, genutzt bzw. eingespeist. Bezogen auf die Größenklassen 3 bis 5, die mit 109 GWh den Löwenanteil an der Verbrauchsstatik ausmachten, lag der durchschnittliche spezifische Energieverbrauch bei 36 kWh/(E*a) und damit nur leicht über dem Bundesdurchschnitt.

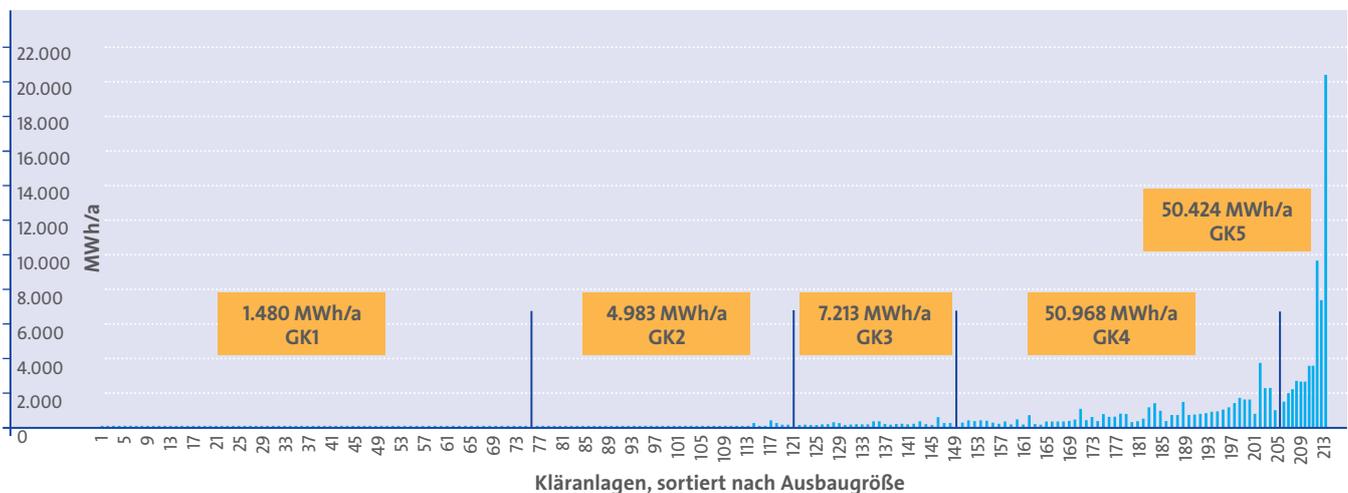


Abbildung 2: Ergebnisse der Eigenüberwachung zum Elektroenergieverbrauch der Kläranlagen im Land Sachsen-Anhalt [LAU, 2016]

Der jährliche Gesamtenergiebedarf von über 115 GWh für die Abwasserbehandlung in Sachsen-Anhalt verursacht somit einen Treibhausgasausstoß von ca. 60.000 t CO₂-Äquivalenten (ausgehend von einer Energieversorgung nach dem deutschen Energiemix). Nur etwa 17 Prozent des Gesamtenergiebedarfs werden aktuell durch die Eigenproduktion von Strom und Wärmeenergie aus Klärgas gedeckt.

Das LAU hat Orientierungswerte für den spezifischen Energieverbrauch (kWh/E*a) generiert. Diese basieren auf den Benchmarkwerten verschiedener Bundesländer und des Umweltbundesamtes (UBA). Im Protokoll Anlagenkontrolle können die tatsächlichen Verbrauchswerte mit den Orientierungswerten abgeglichen werden. Die nebenstehende Tabelle zeigt die Orientierungswerte für die fünf Größenklassen von Kläranlagen.

Im Berichtsjahr 2016 blieben 122 der 213 Kläranlagen unter den Orientierungswerten für den Verbrauch von elektrischer Energie. Schon die Erreichung der aktuellen DWA A 216 Mittelwerte durch alle Kläranlagen entspräche einer Reduzierung des Strombezugs um rund ein Achtel pro Jahr und einer CO₂-Vermeidung von rund 7.000 Tonnen. Da die Anlagen der Größenklassen 3 bis 5 einen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt höheren Energiebedarf bei

Orientierungswerte für den Verbrauch von elektrischer Energie auf Kläranlagen im Land Sachsen-Anhalt geordnet nach Größenklasse [LAU, 2018]

Größenklasse	Orientierungswert lt. Protokoll Anlagenkontrolle in kWh/(E*a)	
1	50	
2	42	
3	40	DWA A 216 - Differenzierung nach Art der Abwasserbehandlung
4	35	
5	33	

gleichzeitig geringer Eigenversorgung aufweisen, gibt es bei ihnen den größten Handlungsbedarf und das größte Einsparpotenzial.

i Ein höherer Eigenversorgungsgrad senkt den Bezug von Energie aus dem öffentlichen Netz.

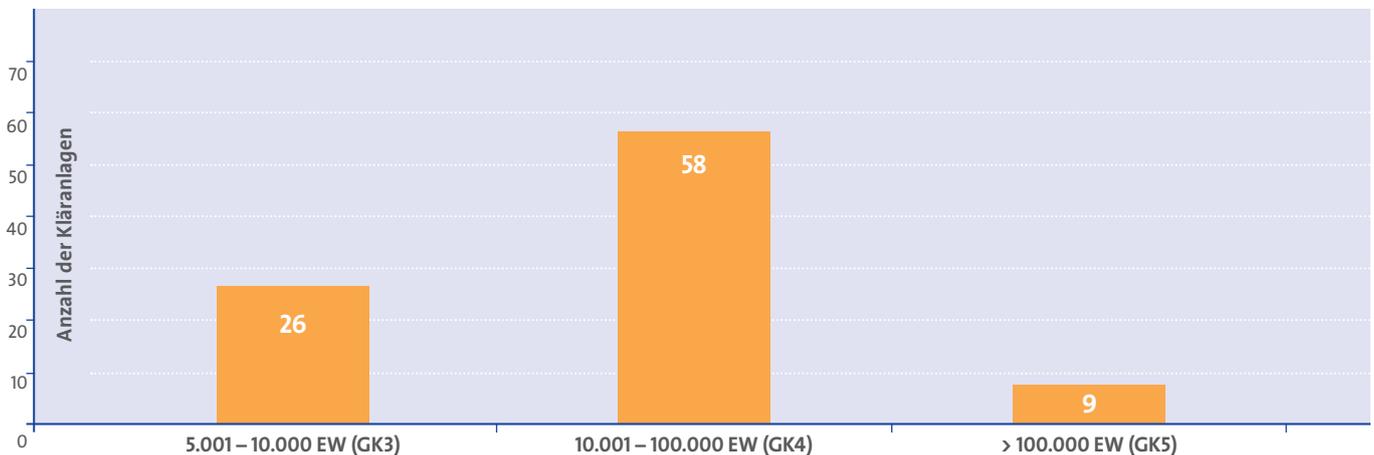


Abbildung 3: Anzahl der Kläranlagen in den Größenklassen 3 bis 5 sortiert nach Einwohnerwerten (Land Sachsen-Anhalt, 2016)

Bei der energetischen Betrachtung von Kläranlagen, ist vor allem die Ausbaugröße zu beachten. Kleinere Anlagen haben zwar einen höheren spezifischen Verbrauch, allerdings ist ihr Gesamtenergieverbrauch geringer. Das bedeutet ein geringeres Potenzial der

Energieeinsparung, was den Amortisationszeitraum für Investitionen in energiesparende Maßnahmen deutlich erweitert. Viele Maßnahmen zur Energieeinsparung scheinen auf den ersten Blick für diese Kläranlagen finanziell nicht rentabel.

Dieser Umstand kann dafür verantwortlich gemacht werden, dass im DWA Nord-Ost Gebiet eine Eigenstromerzeugung aus Klärschlamm derzeit erst bei Anlagen der Größenklassen 4 und 5 häufiger zu finden ist. Aktuell liegt das Verhältnis von verbrauchtem zu selbst erzeugtem Strom in Anlagen der Größenklassen 1 bis 3 lediglich bei 9:1 (Stand 2016).

Steigende Energiepreise und Kosten für die Klärschlamm Entsorgung zwingen jedoch die Betreiber kleinerer Anlagen zunehmend dazu, in energieeffiziente, innovative Technologien und Lösungen zu investieren. Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit technischer Anlagen verschieben sich mehr und mehr abwärts der Größenklassen. Maßnahmen, die noch vor zehn Jahren bei Anlagen unter 50.000 EW

als unwirtschaftlich galten, sind mittlerweile auch für deutlich kleinere Anlagen interessant.

Ein gutes Beispiel ist die sogenannte Schlammfäulung. Organische Bestandteile des Klärschlammes werden mithilfe anaerober Bakterien in Methangas (CH₄), Kohlendioxid (CO₂) und in andere Gase umgewandelt. Wird so ein System neu eingerichtet, ist das einerseits mit hohen Investitionskosten verbunden, andererseits können Energiekosten langfristig gesenkt werden. Während der Energieeigenversorgungsgrad von Anlagen der Größenklasse 5 im DWA-NO-Gebiet bei rund 75 Prozent liegt, fällt er bei Anlagen der Größenklasse 4 mit nur 22 Prozent deutlich niedriger aus (Abbildung 4).



Kläranlagen der Größenklasse 4 (gemäß Anhang 1 AbwV) haben das größte Potenzial zur Senkung des Strombezugs durch Erhöhung des Eigenversorgungsgrades.

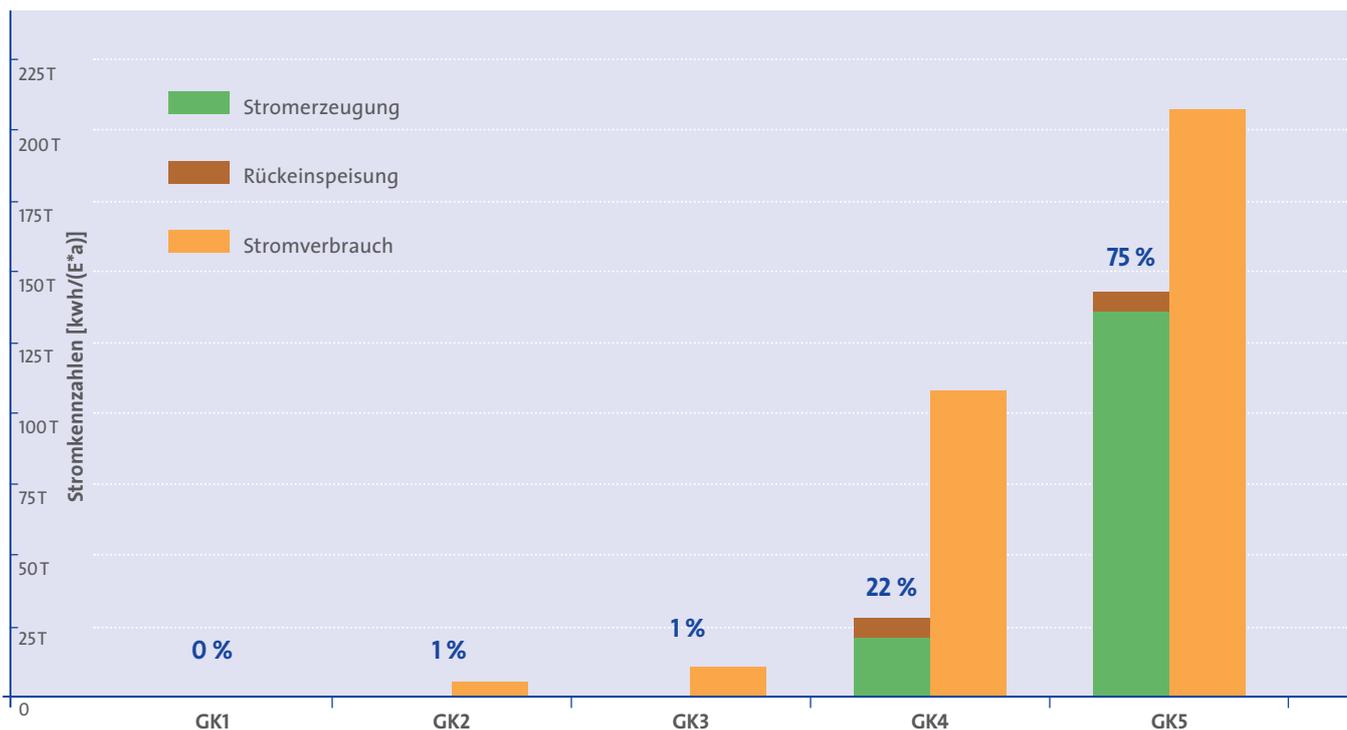


Abbildung 4: Eigenversorgungsgrad der ABA im Gebiet der DWA [Leistungsvergleich 2016 Kläranlagen-Nachbarschaften DWA Nord-Ost]

In den weiteren Kapiteln wird auf mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung, deren Abhängigkeit von der Anlagengröße und eventuelle Alternativen eingegangen. Investitionen in Energieeffizienzmaß-

nahmen können langfristig Kosten einsparen und somit die anfallenden Entgelte für die Abwasserbehandlung stabilisieren.

DER ENERGIEEFFIZIENTE REINIGUNGSPROZESS

Die gezielte Veränderung der Beschaffenheit des Abwassers wird unter dem Oberbegriff „Abwasserreinigung“ zusammengefasst. Er umfasst alle Techniken zur Verringerung von Abwasserinhaltsstoffen durch biologische, chemische und/oder mechanische Verfahren [DWA, 2006]. Der biologische Prozess ist von der Natur abgesehen und wird in einer Kläranlage systematisiert

– die Zufuhr von Energie kann die Reinigungsdauer deutlich beschleunigen. Die einzelnen Verfahrensschritte und ihre Energieeinsparpotenziale werden nachfolgend beschrieben und näher betrachtet. Energie- und Kosteneinsparungen dürfen ausschließlich im Rahmen der Funktionalität der Anlage durchgeführt werden.

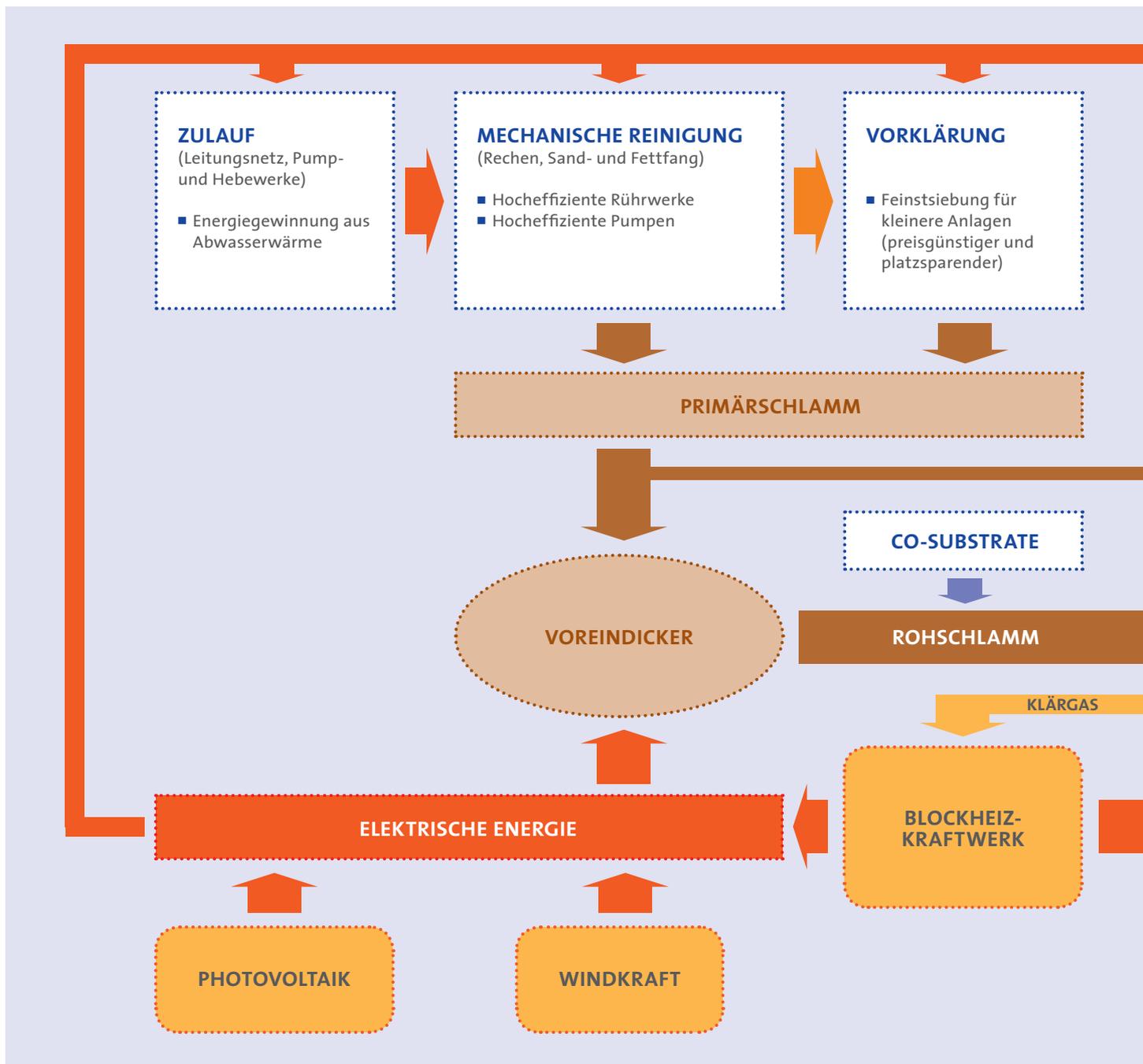


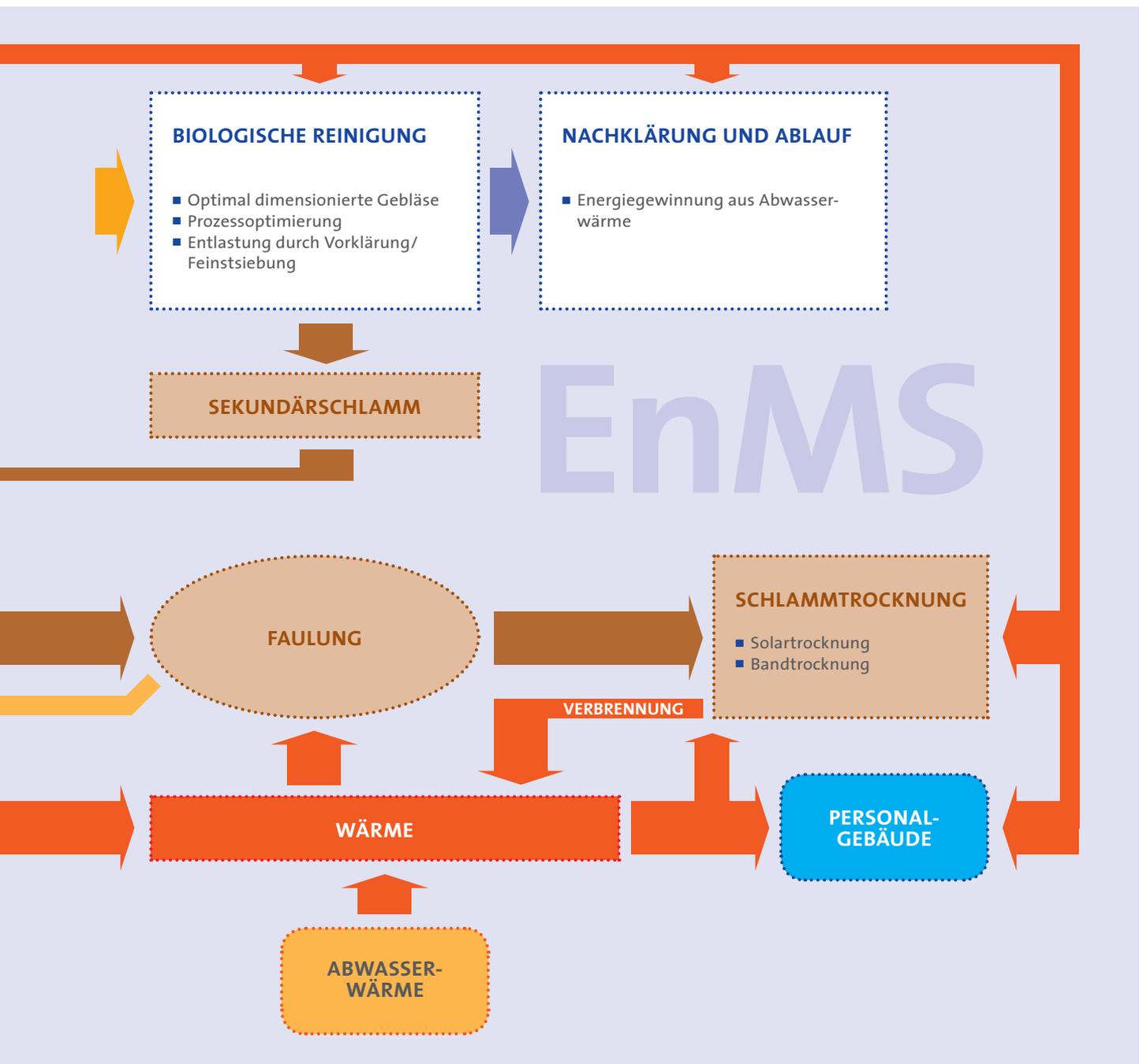
Abbildung 5: Energieeffiziente Kläranlage mit optimaler Eigenenergieproduktion

In Abbildung 5 ist ein Beispiel einer energieeffizienten Kläranlage dargestellt. Dabei wird die während der Schlammbehandlung anfallende Energie optimal für eigene energetische Prozesse verwendet.

Wird eine dem Stand der Technik entsprechende Verfahrenstechnik angewendet und ausschließ-

lich erneuerbare Energien einbezogen, ist es nach heutigem Stand der Technik möglich, den Energiebedarf einer Kläranlage vollständig zu decken.

Überschüsse können in das Netz des örtlichen Energieanbieters eingespeist oder beispielsweise durch Sektorenkopplungsmodelle weitervermarktet werden.



DAS ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM

Um betriebsinterne Abläufe systematisch regeln zu können, gehört ein Managementsystem mittlerweile zum guten Standard in der Unternehmensführung. Es ermöglicht die Überwachung, Steuerung und Anpassung einzelner Prozessschritte zu jeder Zeit. Das kann auf Energiemanagementsysteme (EnMS) übertragen werden. Sie sollen einen möglichst geringen Energiebedarf von Prozessen sicherstellen, ohne sie in ihrer Effektivität zu behindern.

Um eine Kläranlage trotz inhomogener Auslastung energieeffizient zu betreiben, ist ein Energiemanagementsystem beispielsweise nach der Norm DIN EN ISO 50001 hilfreich. Mit dessen Hilfe können Prozessschritte umfassender erfasst und aufeinander abgestimmt werden. Hauptsächlich werden die Energieverbräuche aller (Teil-) Prozesse erfasst und in festgelegten Zyklen regelmäßig ausgewertet. Sind die Ergebnisse ausgewertet, ergeben sich daraus Maßnahmen, die dann wiederum analysiert und bewertet werden (Abbildung 6). Führen Abweichungen wie veränderte Ausgangsbedingungen oder verschleißbedingte Effizienzreduzierung einzelner Komponenten zu einem erhöhten Energieverbrauch, können kurzfristig Gegenmaßnahmen erfolgen.

Ein gutes Energiemanagementsystem bietet über das Prozess- und Anlagenmanagement hinaus die



Möglichkeit, sämtliche energie- und ressourcenbezogenen Prozesse zu erfassen und zu überwachen. So kann ein Abwasserzweckverband zum Beispiel die Verbrauchsdaten und Durchflussmengen des vorgelagerten Pumpennetzes erfassen und so Zulaufmengen registrieren. Unter Umständen lassen sich aufgrund der Menge an Pumpen im vorgelagerten Netz auch Energieeinsparpotenziale erschließen. Auch die Heizlast der Betriebsgebäude kann, sofern über Möglichkeiten der Abwärmenutzung der Anlage verfügt werden kann, bedarfsgerecht geregelt werden.

Generell ist für den Betrieb eines Energiemanagementsystems eine umfassende Installation von Messstellen notwendig. Vor der Investition ist zu prüfen, inwiefern intelligente Messpunkte und Datenknoten verwendet werden können, die den Zukunftsaufgaben im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung gewachsen sind. Die Zusammenführung und Auswertung der Daten geschieht meist zentral über eine Managementsoftware. Durch die detaillierte Dokumentation und das strukturierte, zyklische Vorgehen nach Plan, Do, Check, Act – dem PDCA-Zyklus – sind Effizienzmaßnahmen bereits vor der Durchführung wirtschaftlich leichter zu bewerten und im Nachhinein einfacher durchzuführen. Ein vorhandenes Energiemanagementsystem ist auch Voraussetzung bei der Befreiung bzw. Reduzierung von der EEG-Umlage.



Abbildung 6: PDCA-Zyklus (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess) bei einem EnMS [LENA, 2018]

ABWASSERBEHANDLUNG IM FOKUS

In Kläranlagen gibt es einzelne Reinigungsabschnitte mit unterschiedlichen Energieeinsparpotenzialen. Den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch, aber auch das größte Einsparpotenzial, besitzt die biologische Reinigung. In Abbildung 7

sind die Einsparpotenziale weiterer Reinigungsstufen vergleichend dargestellt. Häufig sind Einsparungen bei Energie und Kosten in allen Verfahrensstufen (Mechanische Stufe, Biologische Stufe und Schlammbehandlung) möglich.

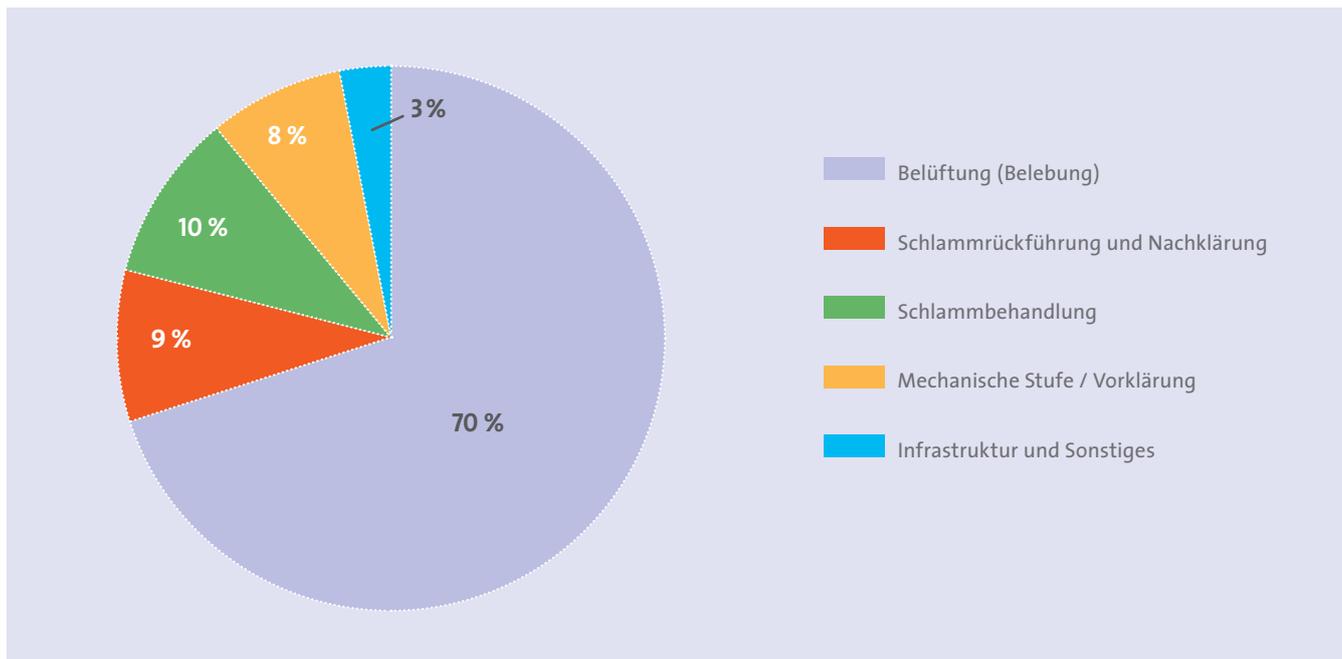


Abbildung 7: Anteiliger Energieverbrauch der einzelnen Komponenten einer typischen Kläranlage

MIT DIGITALER SIMULATION ZU MEHR ENERGIEEFFIZIENZ



Ein leistungsfähiges Werkzeug für die Planung, Dimensionierung und den Betrieb von Kläranlagen ist die Nutzung von Simulationen. Mit dieser Methode wird ein „digitaler Zwilling“ als Computermodell erstellt, welches alle relevanten Komponenten enthält (Abbildung 8). In diesem Computermodell werden alle Interaktionen innerhalb der Kläranlage virtuell analysiert und optimiert.

Der Vorteil einer Energieanalyse unter Zuhilfenahme der Simulation liegt in der dynamischen Abbildung der verfahrenstechnischen Prozesse.

Veränderungen in den Randbedingungen sowie der Prozessführung werden simuliert und damit Konzepte zur Verbesserung der Reinigungsleistung oder Verringerung des Energieverbrauchs entwickelt. Dies

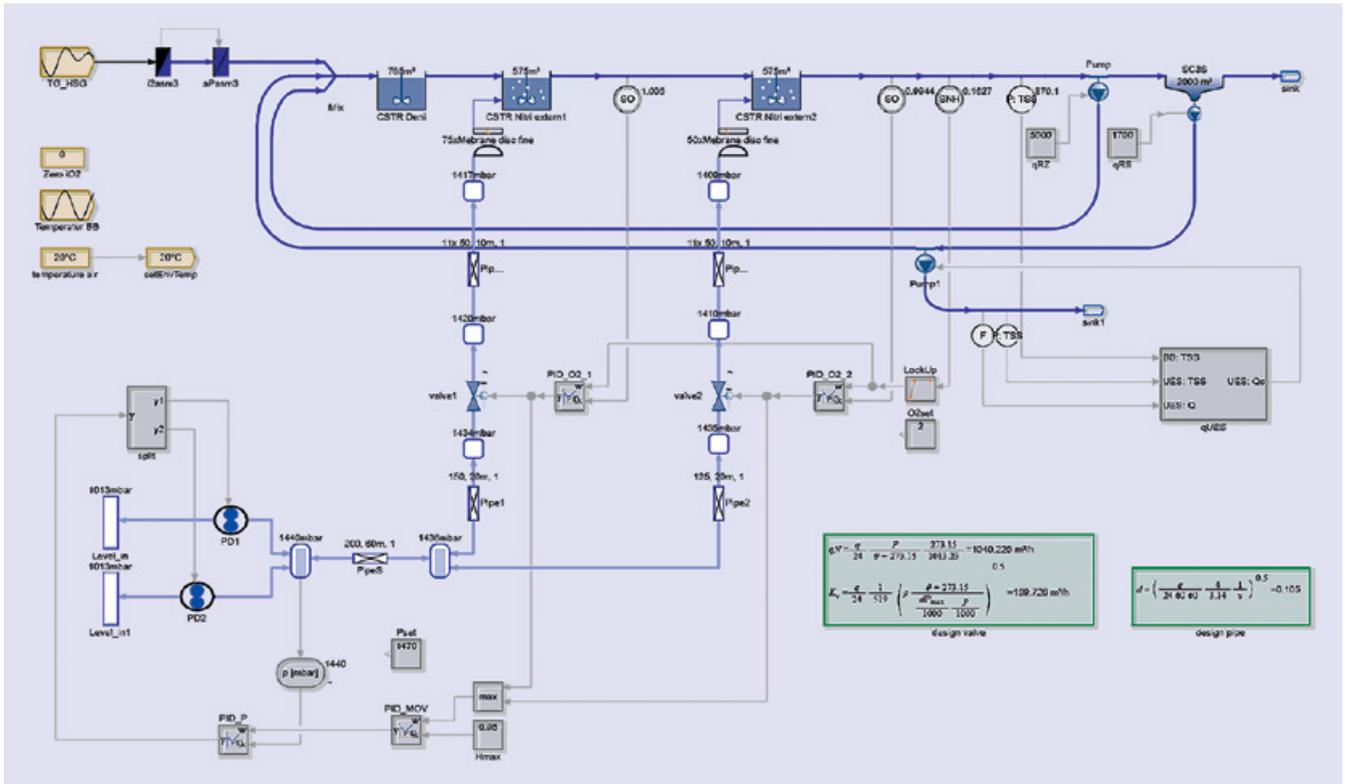


Abbildung 8: Virtuelles Abbild einer Kläranlage

stellt einen maßgeblichen Vorteil im Vergleich zur statischen Bilanzierung ausschließlich anhand von Betriebswerten einer Kläranlage dar.

Neben den energetischen Kenngrößen können auch Einstellungen der manuellen oder automatischen Betriebsführung simuliert und getestet werden. Um die Auswirkung dieser Maßnahmen in der Simulation beschreiben zu können, müssen automatisierungstechnische Funktionen im Computermodell abgebildet werden. Zur Beschreibung von Automatisierungsfunktionen müssen dem Anwender in

einem „digitalen Zwilling“ entsprechende Standards der Automatisierungstechnik, wie z.B. MSR-Funktionen (Mess-, Steuerungs- und Regelungsfunktionen) zur Verfügung stehen. Die im digitalen Zwilling entwickelten und getesteten MSR-Funktionen können später als Quellcode zur Implementierung übergeben werden. Sie dienen dann entweder als eindeutige Funktionsbeschreibung oder der Code wird direkt in die SPS-Programmierungsumgebung übertragen. Mit einer entsprechenden Simulationsplattform, wie z.B. #SIMBA, lassen sich all diese Varianten virtuell erproben.

ZULAUF

Die energetische Betrachtung von Abwasseranlagen beginnt in der Praxis oftmals erst an der Grundstücksgrenze. Das vorgelagerte Pumpennetzwerk wird meist ignoriert. Doch auch das Pumpennetzwerk bzw. der Zulauf sowie alle sonstigen vor- und nachgelagerten Systeme müssen in die Energiebilanz der Anlage einfließen. Daher ist es für eine lückenlose Energiebilanz sinnvoll, die Kläranlage und das Kanalnetz zusammen zu betrachten.

Eine Nutzungsmöglichkeit ist die Energierückgewinnung mittels Wärmetauschern und Wärmepumpen. Die Abkühlung des Abwassers darf dabei nur soweit erfolgen, dass der nachfolgende Prozess der biologischen Reinigung nicht beeinträchtigt wird. Das Verfahren der Energierückgewinnung aus Abwasser wird genauer im Bereich „Ablauf“ erläutert.

RECHEN

Der Rechen ist eine maschinelle Einrichtung zum Zurückhalten von Grobstoffen wie z. B. Holz. Durch parallel angebrachte Stäbe, die als Grobrechen (Stababstand über 40 mm) oder Feinrechen (Stababstand 15 - 40 mm) bezeichnet werden, können mitgeführte Grobstoffe daran gehindert werden in die Anlage einzudringen und dort Schaden an internen Systemen anzurichten [DWA, 2009].

Die mechanische Reinigung mittels Rechenanlagen ist der erste Reinigungsschritt nach der Bestimmung betriebsrelevanter Daten wie Temperatur, pH-Wert und der elektrischen Leitfähigkeit. Je nach Rechenanzahl beeinflusst die Energieeffizienz dieser Geräte den Gesamtenergieverbrauch. Die Effizienz der Motoren sollte bei einem Austausch unbedingt beachtet werden. Wenn sich die Kläranlage in unmittelbarer Nähe eines Wohngebiets befindet, ist eine Einhausung in Kombination mit einer Abluftanlage im Bereich der Rechen gesetzlich vorgeschrieben. Um die Menge der geförderten Abluft und damit den Energieverbrauch zu minimieren, sollten eingehauste Rechenanlagen stattdessen gekapselt - also anlagennah überdeckt - werden. (Abbildung 9).

Eine Absauganlage nach neuesten Standards reduziert abzusaugende Luftmengen auf ein Minimum, erfüllt alle Vorgaben bezüglich des Explosionsschutzes und verfügt gleichzeitig über einen geringen Energiebedarf. Bei Investitionen in diesem Bereich, können Energieeinsparungen zwischen 10 und 60 % erreicht werden, die von der Höhe der Anlagen bezogenen Jahresbetriebsstunden abhängig sind.

i Die Abluftansaugung geschieht meist durch Ventilatoren, die einem ähnlichen Alterungsprozess wie Pumpen ausgesetzt sind. Daher sind neue Ventilatoren, die rechtlich zu den raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) zählen, seit 1. Januar 2018 ausschließlich nach der ErP-Verordnung (Energy-related-Products-Directive) der EU zu installieren und zu betreiben. Da neue Geräte (nach ErP-Standard) energieeffizienter arbeiten als Altgeräte, liegt das Optimierungspotenzial hauptsächlich in der Dimensionierung der Absauganlage sowie der Menge der abzusaugenden Luft.

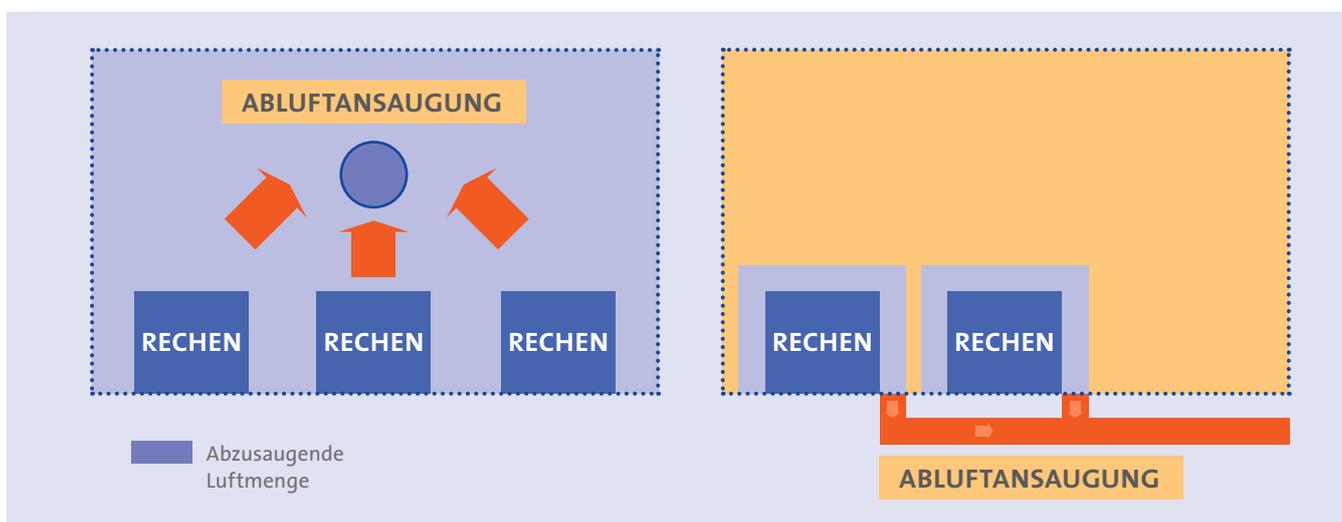


Abbildung 9: Auswirkung einer Überdeckung der Rechen auf die Menge der abzusaugenden Abluft

SAND- UND FETTFANG

Der Sandfang ist ein Teil der mechanischen Abwasserbehandlung zur Entfernung des Sandes aus dem Abwasser. Die Fließgeschwindigkeit des Abwassers

darf hier max. 0,3 Meter / Sekunde (entspricht 1,1 km/h) betragen, damit sich Sandkörner und anderes Material mit Durchmessern über 0,2 mm absetzen



Abbildung 10: Prinzipskizze Rundsandfang [www.huber.de]

(sedimentieren). Die Sedimentation wird durch die Verringerung der Fließgeschwindigkeit erreicht. Leichtere Stoffe werden durch die Strömung weitertransportiert. Sandfänge werden zur Vermeidung von Versteifungen und unerwünschten Sandablagerungen sowie zur Verringerung von Verschleiß an mechanischen Bauteilen vor Pumpwerken und in Klärbecken angeordnet [DWA, 2009].

Der Sedimentationsvorgang kann durch Druckluft unterstützt und beschleunigt werden. Belüftete Sand- und Fettfänge weisen eine erhöhte Abscheiderate, aber auch einen erhöhten Energiebedarf im Vergleich zur unbelüfteten Variante auf. Die klassische Bauform solcher Sand- und Fettfänge sind Betonbecken, die mittlerweile durch technische Alternativen in unterschiedlichen Größenord-

VORKLÄRUNG

Im Absetzbecken kommt das Abwasser für einen Zeitraum von etwa einer Stunde zur Ruhe. Weitere Feststoffe setzen sich in Abhängigkeit ihrer Dichte am Boden ab und werden anschließend entfernt – die organische Fremdstofffracht im Abwasser reduziert sich weiter. Die Vorklärung verringert somit den Aufwand in der biologischen Reinigungsstufe, was eine Energieeinsparung bedeutet.

In Abwasserbehandlungsanlagen mit einer Bemessung kleiner als 20.000 EW wurde in der Regel

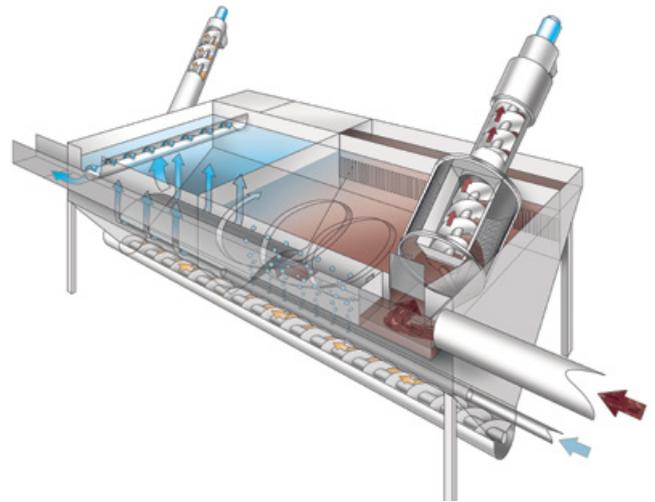


Abbildung 11: Prinzipskizze eines technischen Langsandfangs und -fettfangs [www.huber.de]

nungen ergänzt werden. So reduziert sich der Platzbedarf in der Kläranlage.

Der Rundsandfang oder auch Rotationsandfang nutzt die Zentrifugalkraft zusätzlich zur Erdanziehungskraft für die Abscheidung der Fremdstoffe. Das geschlossene Prinzip dieser kompakten, technischen Lösungen führt auch zu weniger Geruchsbildung. Das Funktionsprinzip ist in Abbildung 10 schematisch dargestellt.

Die Wirtschaftlichkeit des Betriebs solcher Anlagenteile ist stark von den Einsatzbedingungen abhängig und bedarf einer anlagenspezifischen Analyse. Auch zum Langsandfang und -fettfang existieren technische Alternativen mit den zuvor genannten Eigenschaften, wie in Abbildung 11 dargestellt.

auf eine Vorklärung verzichtet, da die notwendigen Investitionen sowie die Verbringung und Weiterverwendung des nicht stabilisierten Primärschlammes technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll darstellbar waren. Bei Verzicht auf eine Vorklärung muss die biologische Reinigungsstufe größer dimensioniert werden. Dies verursacht den höheren Energiebedarf durch die notwendige Belüftung des Beckens. Da sie einen Anteil von etwa 60 bis 80 Prozent am Gesamtenergieverbrauch der Kläranlage hat, ist dieser Umstand aus ökologischer und ökonomischer Sicht relevant.

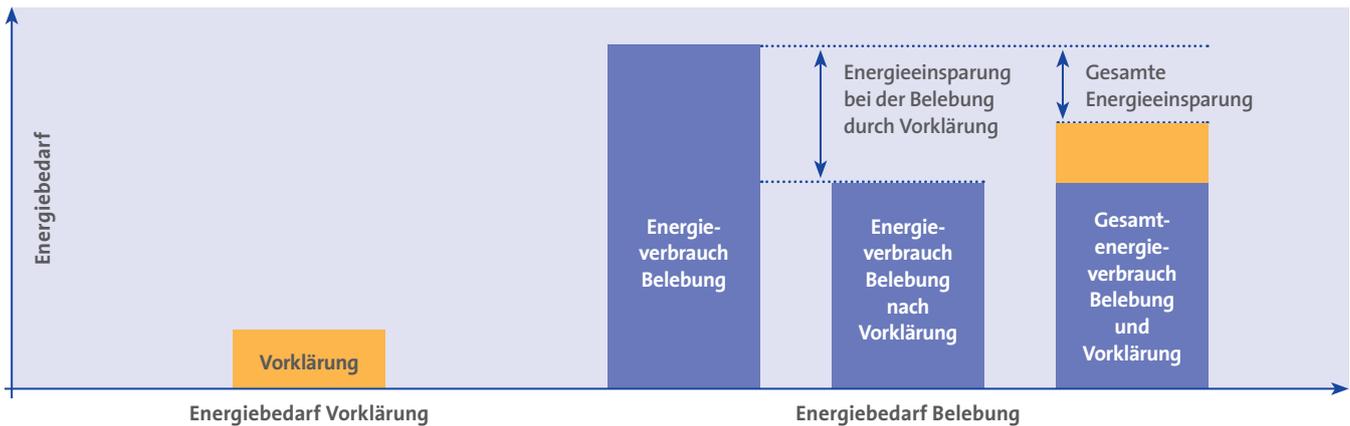


Abbildung 12: Auswirkung der Vorklärung auf den Gesamtenergieverbrauch einer Kläranlage

Um die Rentabilität kleinerer Kläranlagen zu erhöhen, gibt es technische Alternativen wie die Feinstsiegung. Bei vergleichsweise geringerem Investitionsaufwand und geringerem Platzbedarf wird eine zur Vorklärung vergleichbare Menge Primärschlamm abgeschieden. Der weitere Umgang mit dem anfallenden Primärschlamm wird im Kapitel „Klärschlammbehandlung“, ab Seite 20 beschrieben.

Wie in Abbildung 13 dargestellt, kann der Gehalt von Trockenrückstand (TR-Gehalt) im Primärschlamm mit einer der Feinstsiegung nachgeschalteten, mechanischen Schlammthrocknung auf mehr als 30 Prozent angehoben werden, wodurch die Effizienz weiterer Verarbeitungsschritte oder des Abtransports erhöht werden.

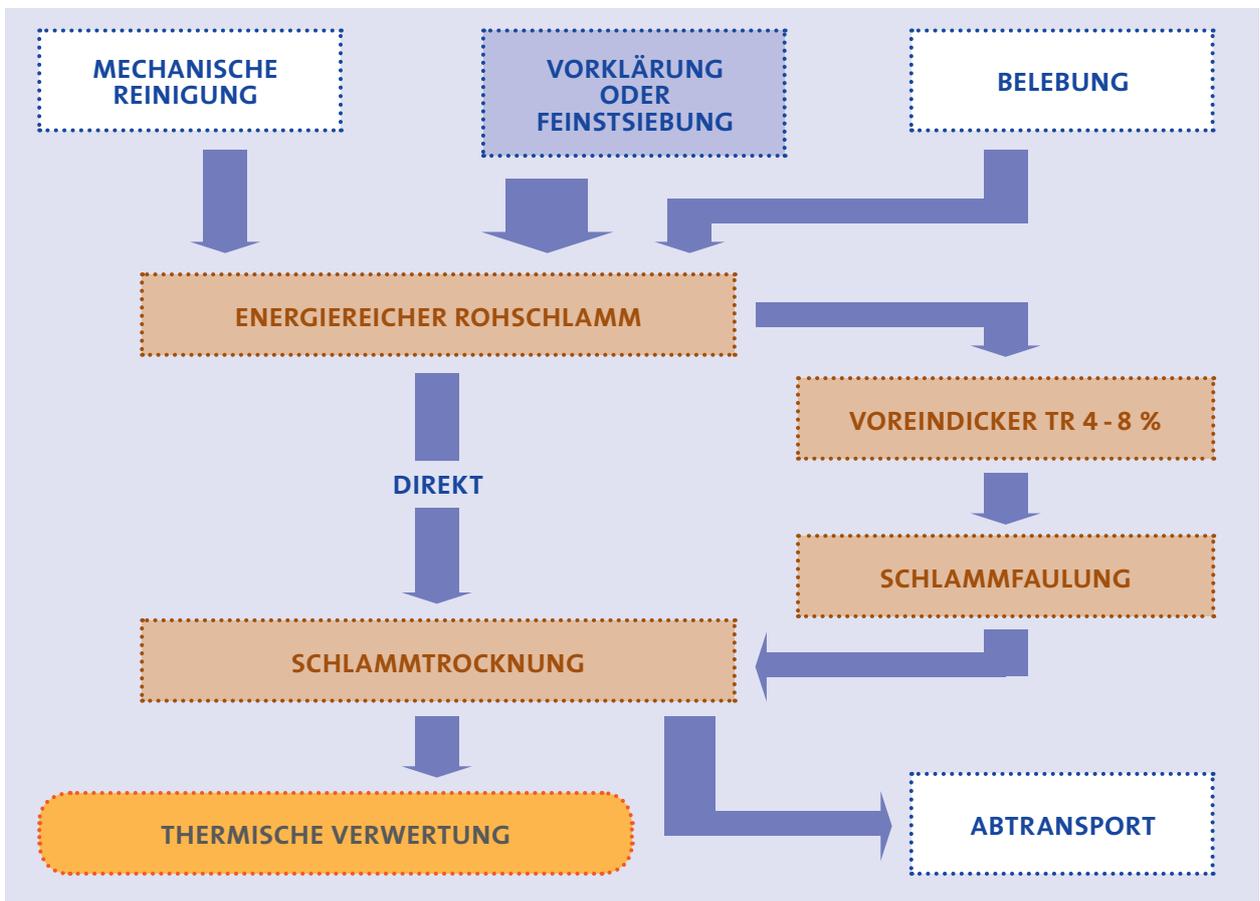
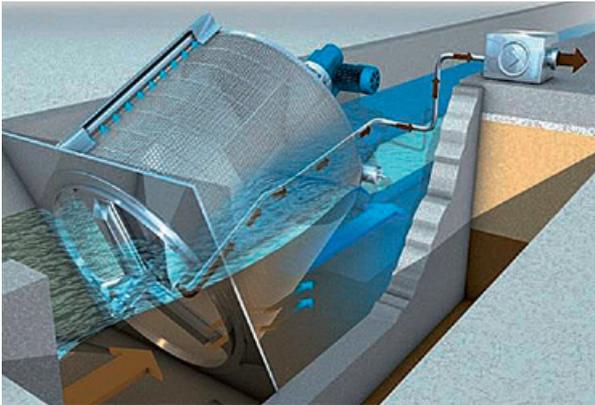


Abbildung 13: Möglichkeiten der Klärschlammbehandlung



TROCKNUNG



Abbildung 14: Prinzipskizze Feinabsiebung (links) und entwässertes Siebgut (rechts) [www.huber.de]

i Mit der Installation einer Vorklärung kann der Energieeinsatz in der Belebung um rund 15 Prozent gesenkt werden. Steigende Energiekosten machen eine Vorklärung für Anlagen bis 20.000 EW zunehmend wirtschaftlich attraktiv.

BIOLOGISCHE REINIGUNG / BELEBUNGSBECKEN

Organische Bestandteile des Abwassers werden in der biologischen Abwasserreinigung einem Abbauprozess unterzogen. Der Abbau erfolgt durch Mikroorganismen in Verbindung mit Sauerstoff. Dabei entstehen durch Umwandlungsprozesse anorganische Verbindungen (z. B. Kohlendioxid oder Wasser) und eine beständige Biomasse. Letztere sinkt im Nachklärbecken zu Boden und wird teilweise als Rücklaufschlamm zur Aufrechterhaltung des Prozesses wieder der biologischen Reinigungsstufe zugeführt. Der Überschuss wird abgezogen und steht zur energetischen Nutzung zur Verfügung.

Dieser biologische Reinigungsprozess geht ohne Störung vor sich, solange die Mikroorganismen vor Säuren, Laugen und Giftstoffen geschützt sind und ihnen mit dem Abwasser stets neue Nahrung und genügend Sauerstoff zugeführt wird [DWA, 2009]. Daher ist ein effizienter Einsatz der Gebläse aus ökonomischer und ökologischer Sicht besonders wichtig.

Wie lange und oft die Belüftung eingesetzt wird, ist neben vielen anderen komplexen Faktoren vom Sauerstoffbedarf für den Abbau der organischen

Fracht abhängig. Ein zu hoher Trockenmasse-Gehalt (TS-Gehalt) im Belebungsbecken führt zu erhöhtem Sauerstoffbedarf und damit längerer Gebläse-Laufzeit – ohne eine Verbesserung der Reinigungsleistung zu erzielen. In diesem Zusammenhang sollte darauf geachtet werden, dass der bei der Bemessung der Kläranlage ermittelte TS-Gehalt unbedingt einzuhalten ist. Des Weiteren führen verschlissene, verunreinigte und nicht optimierte Gebläseeinheiten zu einem erhöhten Energiebedarf, was den Gesamtenergieverbrauch um bis zu 20 Prozent erhöhen kann. Dem kann mit kontinuierlichen Kontrollen und engen Wartungsintervallen entgegengewirkt werden.

Für eine umfassende energetische Optimierung müssen die der biologischen Reinigung vorgeschalteten Reinigungsstufen betrachtet werden, die zu einer Entlastung und damit zu geringerer Laufzeit führen können.

i Durchschnittlich benötigen die in der Belebungsstufe erforderlichen Gebläse 70 Prozent der gesamten verwendeten elektrischen Energie einer Kläranlage.

NACHKLÄRUNG

Die Nachklärung ist der letzte Teil der biologischen Abwasserbehandlung. Hier werden die im Verfahren genutzten biologischen Schlämme vom gereinigten Abwasser getrennt. Im Nachklärbecken wird die Fließgeschwindigkeit des Abwassers abermals verringert, um eine Sedimentation des Belebtschlammes zu erreichen.

Aus Sicht der Energieeffizienz bieten sich im Bereich der Nachklärung keine nennenswerten Einsparpotenziale, weshalb auf eine nähere Betrachtung verzichtet wird.

ABLAUF

Das Energiepotenzial von Abwasser am Ablauf einer Kläranlage wird häufig unterschätzt, denn Abwasser besitzt im Jahresmittel eine durchschnittliche Temperatur von 15 Grad Celsius. Damit bietet es die Möglichkeit, positiv zur Energiebilanz beizutragen. Mittels Wärmetauscher kann dem Abwasser Wärmeenergie entzogen und anschließend mit Hilfe von Wärmepumpen energetisch verwertet werden. Laut Schätzungen des e.qua-Netzwerkes Abwasserwärmenutzung können in Deutschland 20 Prozent aller Gebäude mit Abwasserwärme beheizt werden [www.e-qua.de]. Durch Abwasserwärmenutzung

kann der Jahresenergiebedarf für die Klimatisierung von Betriebsgebäuden an Kläranlagen im Sommer komplett und im Winter zu 70 Prozent abgedeckt werden. Ist das Energiepotenzial des Abwassers nicht ausreichend, können für die Spitzenlast an kalten Wintertagen Gasheizanlagen unterstützend zugeschaltet werden. Analog zum Einsatz im Abwasserleitungsnetz kann Abwasserwärme auch innerhalb der Kläranlagen genutzt werden. Zulauf, Ablauf oder innerbetriebliche Abwasserleitungen stellen gute Zugangspunkte dar. Abbildung 15 verdeutlicht das Prinzip.

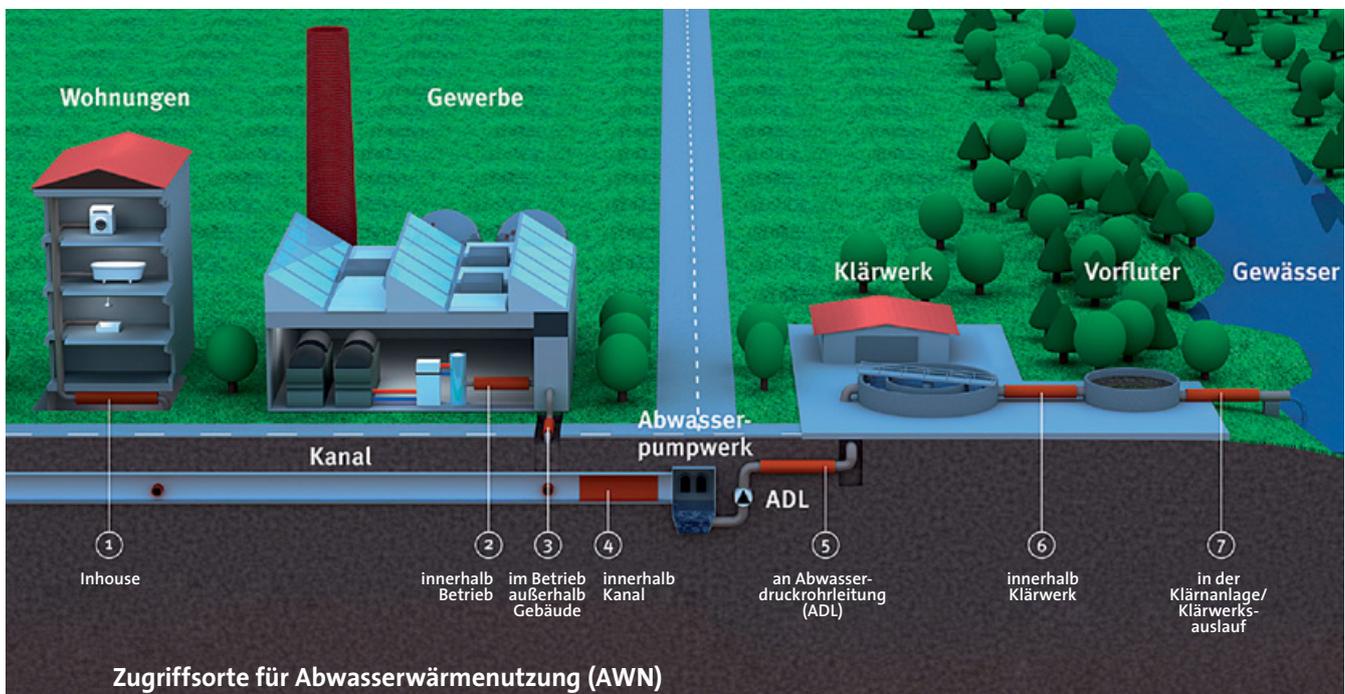


Abbildung 15: Prinzip der Abwasserwärmenutzung [www.e-qua.de]

Anlagenbetreiber hegen gegenüber der Wärmerückgewinnung aus dem Zulauf eine gewisse Skepsis. Durch den Betreiber ist darauf zu achten, dass das Abwasser nur soweit abgekühlt werden darf, dass die in der Kläranlage durchgeführten Reinigungsschritte nicht beeinträchtigt werden. Das gilt vor allem für die biologische Reinigung. Eine Anwendung im anlagenfernen Leitungsnetz bzw. im Ablauf bietet sich an, weil dort das Niveau temperaturempfindlicher Reinigungsprozesse nicht gestört wird. Die gewonnene Wärmeenergie kann lokal zur Beheizung der Betriebsgebäude oder von kommu-

nalen Liegenschaften genutzt werden. Auch anlageninterne endotherme Prozesse, bei denen Wärme zugeführt werden muss, kommen als Abnehmer in Frage. Das sind zum Beispiel die Schlammfäulung und die Schlamm-trocknung, bei denen für die notwendige Betriebstemperatur meist Elektro- oder Gasheizungen eingesetzt werden. Durch eine Umkehrung des Prozesses kann Wärme an das Abwasser abgegeben werden, wodurch neben einer Beheizung auch eine Kühlung bestimmter Bereiche möglich ist (Abbildung 16).



Abbildung 16: Verwendungsmöglichkeiten der Abwasserwärme

KLÄRSCHLAMMBEHANDLUNG

KLÄRSCHLAMM IST EIN ENERGIETRÄGER! Bei Nutzung des energetischen Potenzials, kann ein gewisser Teil der von einer Kläranlage benötigten Energie abgedeckt werden. Um dieses Potenzial nutzbar zu machen, sind zunächst größere Investitionen in Schlammmentwässerungs- bzw. Faulungsanlagen notwendig, weshalb gerade kleinere Anlagen eine zentrale Schlammbehandlung bevorzugen. Dafür müssen jedoch große Mengen Klärschlamm zu Sammel- und Verarbeitungsstellen transportiert werden. Nach Schätzungen der DWA-Nord-Ost ist jede im Verbandsgebiet anfallende Tonne Klärschlamm mit rund 50 Kilometer Transportweg belastet. Im Jahr 2014 wurden im Klärschlammnetzwerk der DWA Nord-Ost insgesamt 161.478 Tonnen Klärschlamm behandelt – dies entspricht 8,07 Millio-

nen Transportkilometer. Eine Behandlung auf der Anlage sollte deshalb aus ökologischer Sicht unbedingt angestrebt werden.

Eine Möglichkeit zur Nutzung des Energiepotenzials von Klärschlamm ist die anaerobe Schlammstabilisierung. Bei dieser entsteht Klärgas als Brennstoff. Klärgas ermöglicht bspw. den Betrieb eines Blockheizkraftwerks (BHKW) zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme. Somit kann der Bezug von Fremdenergie verringert werden. Mit einem Restfeuchteanteil von weniger als 20 Prozent besitzt ausgefauter Klärschlamm einen mit Braunkohle vergleichbaren Brennwert von 11 MJ / kg [BMU, 2004]. Die durch thermische Verwertung gewonnene Wärmeenergie ist ebenfalls für die Deckung des Energieeigenbedarfs nutzbar.



Kläranlagen haben das technische Potenzial, sich vom Verbraucher fossiler Energie zum Anbieter erneuerbarer Energien zu wandeln. (Abbildung 17).

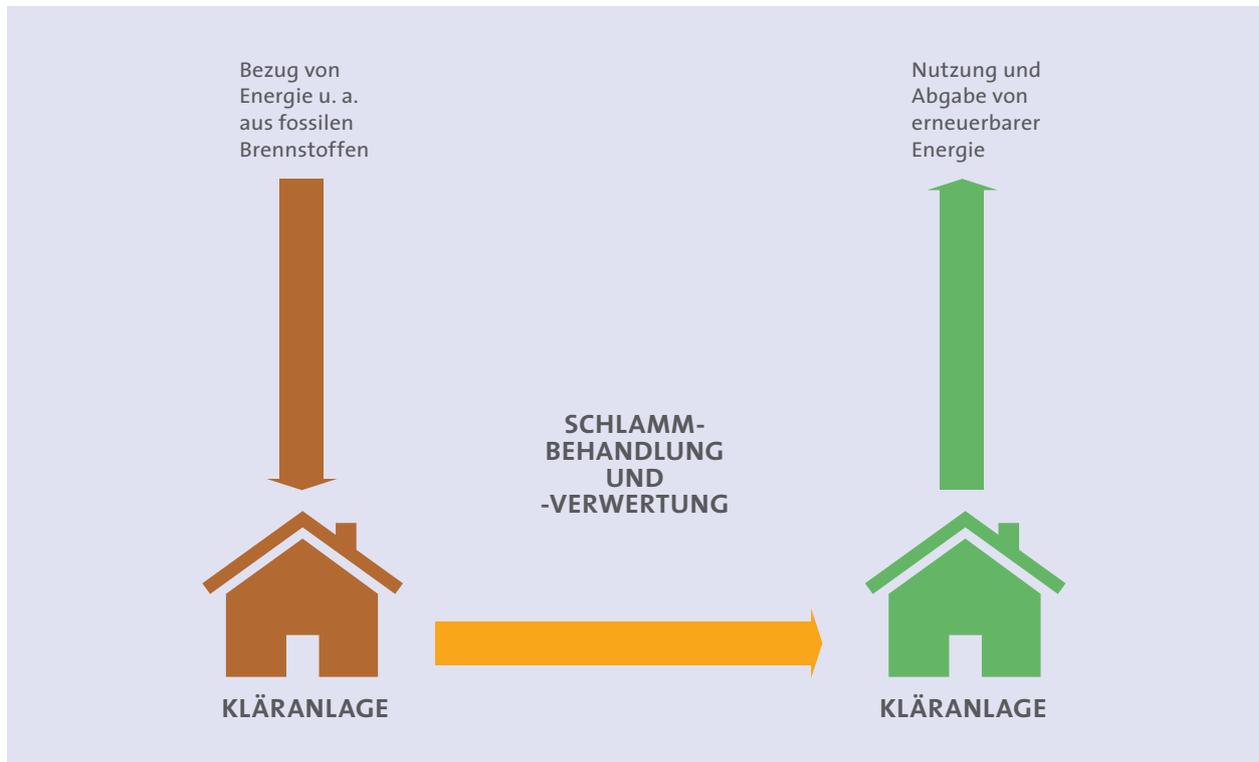


Abbildung 17: Wandlung der Kläranlage vom Energieverbraucher zum Energieerzeuger durch Schlammbehandlung und -verwertung

ANAEROBE SCHLAMMSTABILISIERUNG

Während der etwa 20-stündigen Verweilzeit des Klärschlammes im Faulbehälter bei einer Temperatur von etwa 37 Grad Celsius sorgt ein konsequenter Luftausschluss für einen ständigen Mangelzustand der fakultativ anaeroben Mikroorganismen. Dadurch finden ein Abbau organischer Verbindungen und eine Stabilisierung des Klärschlammes statt. Weitere Abbauprozesse oder Geruchsbildung werden mini-

miert. Als Umsetzungsprodukte entstehen unter anderem Kohlenstoffdioxid und Schwefelwasserstoff, hauptsächlich aber das Brenngas Methan. Letzteres kann nach entsprechender Aufbereitung für den Einsatz von Gasmotoren oder den Betrieb eines Blockheizkraftwerks zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden.

Bei Kläranlagen der Größenklasse 5 besitzt die anaerobe Schlammstabilisierung durch Faulung und Verstromung in Blockheizkraftwerken ein ausnutzbares Energiepotenzial von rund 17 Kilowattstunden/(E*a) (elektrisch) und 25 Kilowattstunden/(E*a) (thermisch), wodurch bis zu 68 Prozent der verbrauchten Energie zurückgewonnen werden können [www.huber.de].

Wegen der steigenden Energiekosten werden Faulungsanlagen aktuell bereits auf Kläranlagen unter 50.000 EW gebaut oder nachgerüstet.



PHOSPHORRÜCKGEWINNUNG

Phosphor wird überwiegend aus geogenen Lagerstätten gewonnen und zählt somit zu den nicht nachwachsenden Rohstoffen.

Die Vorkommen unterliegen einer andauernden Verknappung. Dies treibt den Phosphorpreis am Weltmarkt permanent nach oben, was in den letzten zehn Jahren zu einer Verdopplung führte. Der Phosphoranteil im Klärschlamm kann je nach Region bis zu einem Drittel der anfallenden Gesamtmenge ausmachen. Ein wirtschaftliches Phosphorrecycling in Form energieeffizienter Rückgewinnungsverfahren ist deshalb ein viel diskutiertes Thema.

Die Verarbeitung des anfallenden Klärschlammes zur Eigenenergieerzeugung ist auch unter Berücksichtigung der Novellierung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 27. September 2017 rele-

vant. Demnach soll die Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beendet und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewonnen werden. Hierzu der Werdegang und ein darauf folgender Ablauf:

2015: Vorlage des Referentenentwurfs „Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung“ vom Bundesministerium für Umwelt

29. Juni 2017: Bundestag verabschiedet daraus entstandenen Referententwurf

Ab 2023: Berichtspflicht der Kläranlagenbetreiber zur Phosphorrückgewinnung

Ab 1. Januar 2029: Die Ausbringung von Klärschlamm wird für Kläranlagen der Größenklasse 5 verboten und die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm verpflichtend

Ab 1. Januar 2032: Die zuvor in Kraft getretene Regelung für Klasse 5-Anlagen betrifft alle Kläranlagen ab einer Größe von 50.000 EW.

FÖRDERMITTEL

Um die Ziele des Landes Sachsen-Anhalt zur Senkung der Treibhausgasemissionen um 31,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bis 2020 zu erreichen, muss erheblich investiert werden. Zur finanziellen Unterstützung der Kommunen und Städte können diverse Landes- und Bundesfördertöpfe in Anspruch genommen werden. Aus denen werden investive Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs anteilig bezuschusst.

Das Land Sachsen-Anhalt stellt aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) bis zum Jahr 2020 (Ende der aktuellen Förderperiode) zunächst 16 Millionen Euro zur Verbesserung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen und Anlagen zur Wasserversorgung bereit.

Gefördert werden:

- Bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz wie
 - Umrüstung von aerober Schlammstabilisierung auf Schlammfäulung
 - Umgestaltung von Faulbehältern zur Optimierung der Gasproduktion

- Anschaffung von Anlagen zur Verwertung der anfallenden Energie
- Austausch von Anlagen und Anlagenteilen zur Einsparung von Energie, die nachhaltig zu einer Kohlendioxidreduzierung führen

Die Höhe der Zuwendung beträgt 50 v. H. der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben. Bewilligungsbehörde ist das Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt.

Sofern Sie ein kostenlose und unabhängige Beratung z. B. bezüglich der Neuerungen in der Kommunalrichtlinie des Bundes wünschen, wenden Sie sich bitte an:

- Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH

Für Fragen rund um die Förderung stehen Ihnen zur Verfügung:

- das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt und das
- das Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt, Referat 405.

MITWIRKENDE PARTNER



UNSER BESONDERER DANK GILT



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Umwelt, Landwirtschaft
und Energie



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

QUELLEN

- BMU (2004): Biomasse - Energiequelle mit großer Zukunft; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit (Hrsg.); Berlin
- Born+Ermel (2014): Energieeffizienz auf Kläranlagen; Dr. Born - Dr. Ermel GmbH; Achim
- Danfoss (2015): Wissenswertes über Frequenzumrichter; Danfoss Power Electronics (Hrsg.); Offenbach / Main
- DWA (2006): Abwasserbehandlung - Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen; DWA- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; Hennef
- DWA (2008): Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen; DWA- Landesverband Baden-Württemberg; Stuttgart
- DWA (2015): Arbeitsblatt DWA-A 2016 Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen; DWA- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; Hennef
- DWA (2016): Kläranlagen- und Kanal-Nachbarschaften; DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., DWA Landesverband Nord-Ost (Hrsg.); Magdeburg
- DWA (2016): 29. Leistungsvergleich; DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; Hennef
- LAU (2018): Ergebnisse der Eigenüberwachung 2016, Landesamt für Umweltschutz des Landes Sachsen-Anhalt; Halle (Saale)
- MLUV MV (2013): Zukunftsfähige Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm in Mecklenburg-Vorpommern; Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV, Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus MV (Hrsg.); Schwerin
- UBA (2009): Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen, Umweltbundesamt (Hrsg.); Dessau-Roßlau
- <https://www.kasag.com/produkt/erneuerbare-energiesysteme-anlagen-waermetauscher-waerme-aus-abwasser-waermetauscherloesungen-abwasserkanal/>
- <http://www.klimaneutral-handeln.de/php/kompens-berechnen.php>
- Informationsmaterial e.qua Netzwerk Energierückgewinnung und Ressourcenmanagement GbR
- Informationsmaterial Huber SE; www.huber.de
- Informationsmaterial Pyreg; www.pyreg.de
- Klimaschutzteilkonzepte; Bierhals Wasser Consult Ltd.; e.qua Services GmbH

IMPRESSUM

Herausgeber:

Landesenergieagentur
Sachsen-Anhalt GmbH (LENA)
Olvenstedter Straße 4
39108 Magdeburg
Fon: 0391 567 2040
Fax: 0391 567 2033
E-Mail: lena@lena-lsa.de
Geschäftsführer: Marko Mühlstein

Gefördert durch:



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Umwelt, Landwirtschaft
und Energie

Konzept & Produktion:

KREIBICH + KONSORTEN® 2019,
www.kreibich-konsorten.de

Bildnachweis:

LENA, KREIBICH + KONSORTEN® (Kläranlage
Aschersleben – Titel, S. 5, 7, 12, 13); MULE (S. 3);
Huber SE (S. 16, 18); e.qua (S. 19), Fotolia (S. 21)

Druck:

gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

LENA



Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH

Wir machen Energiegewinner.

Landesenergieagentur
Sachsen-Anhalt GmbH
Olvenstedter Straße 4
39108 Magdeburg
Tel.: 0391 567-2040
Fax: 0391 567-2033

HRB Nr.: 18884
USt ID: DE286800023
Amtsgericht Stendal

E-Mail: lana@lana-lsa.de
www.lana.sachsen-anhalt.de
www.facebook.com/lenagmbh

