



# Energie aus Abwasser

Ein Leitfaden für Kommunen



Abwasser







# Energie aus Abwasser

## Ein Leitfaden für Kommunen

## Impressum

### Energie aus Abwasser Ein Leitfaden für Kommunen

#### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: 0821 9071-0  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

#### Bearbeitung/Text/Konzept:

GFM Beratende Ingenieure GmbH, München: Dr. Ralf Mitsdoerffer, Prof. Dr. Oliver Christ, Dr. Werner Gebert, [www.gfm.com](http://www.gfm.com); Wertarbeit München: Stefan Jackl, [www.die-wertarbeit.de](http://www.die-wertarbeit.de)

#### Redaktion:

LfU: Jens Backhof, Stefan Bleisteiner, Hardy Loy, Julian Pflaum

#### Bildnachweis:

BAURCONSULT, VG Betzenstein: Abb. 14; Bergmann Tobias: Abb. 15; GFM Beratende Ingenieure GmbH: Abb. 3–5, 9, 10, 13, 16–18, 24–31, 33–35; GMH-Umwelt Handel und Dienstleistung GmbH (H.U.D.): Abb. 19; HUBER SE, Berching: Abb. 12; LfU nach Animationen von CAEPELE.DE: Abb. 2 (Grafik „Energie-3-Sprung“); PE-WO Energietechnik GmbH: Abb. 6; Stadt Fürth: Abb. 11; Uurig Kanaltechnik GmbH: Abb. 7, 8; VTA Technologie GmbH: Abb. 20; GFM Beratende Ingenieure GmbH und Wertarbeit München: Abb. 21–23, 32; WWA Nürnberg: Abb. 1

#### Titelbild:

GFM Beratende Ingenieure GmbH: Kläranlage Starnberg, Blick über die Nachklärung

#### Layout:

Wertarbeit München: Ralf Lindner; LfU

#### Druck:

DRUCKEREI JOH. WALCH GmbH & Co. KG, Im Gries 6, 86179 Augsburg  
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier, zertifiziert nach dem „Blauen Engel“

#### Stand:

März 2022

Hinweis: Die bei den Beispielen genannten Investitionskosten und Betriebskosteneinsparungen spiegeln das Preisniveau zum jeweiligen Zeitpunkt der Errichtung wider.

#### Auflage:

3. aktualisierte Auflage: 3.000 Stück

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. 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.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation 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. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto: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.



## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Schutz der Atmosphäre vor einem weiteren Anstieg der Treibhausgaskonzentration und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels gehören zu den größten Herausforderungen, vor denen die Menschheit im 21. Jahrhundert steht.

Die globale Erwärmung lässt sich nur begrenzen, wenn der Ausstoß an Treibhausgasen, u. a. von Kohlendioxid, drastisch reduziert wird. Viele Ansätze und Lösungen zur Verringerung von Treibhausgasen durch mehr Energieeffizienz in allen Lebensbereichen sowie eine Strom- und Wärmeproduktion, die verstärkt auf erneuerbare Energien setzt, sind bereits vorhanden.

Während manche Probleme nur auf nationaler oder internationaler Ebene zu lösen sein werden, haben die Betreiber kommunaler Kläranlagen und Kanalnetze die Chance, auf lokaler Ebene selbst einen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen zu leisten. Obwohl Abwasseranlagen in aller Regel die größten Energieverbraucher einer Kommune sind, wird die Bedeutung dieses Bereichs oft unterschätzt. Dabei zeigen die Erfahrungen des Landesamtes für Umwelt, dass häufig Einsparpotenziale und vielfältige Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung vorhanden sind. Darüber hinaus besitzt Abwasser ein erhebliches energetisches Potenzial, das es möglichst gut zu nutzen gilt. Neben einer konsequenten Verstromung des auf Kläranlagen zu gewinnenden Faulgases mit Kraft-Wärme-Kopplung sollte auch eine Nutzung der Abwasserwärme verstärkt geprüft werden.

Mit dem vorliegenden Leitfaden wendet sich das Landesamt für Umwelt insbesondere an kommunale Entscheidungsträger. Der Leitfaden möchte nicht nur über wesentliche Zusammenhänge informieren, sondern vor allem die erforderlichen Schritte zur Erkennung von Potenzialen zur Energieeinsparung, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Gewinnung von Energie aus regenerativen Quellen konkret darstellen. Ziel des Leitfadens ist es, den Kommunen Möglichkeiten aufzuzeigen, im eigenen Umfeld einen sinnvollen Beitrag zur Energiewende zu leisten.

Für die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen wünsche ich schon jetzt viel Erfolg!



A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'M' followed by a cursive 'ikulla'.

Dr. Christian Mikulla  
Präsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mit Abwasser zum Klimaschutz beitragen</b>	<b>5</b>
1.1	Wie gelingt Klimaschutz?	5
1.2	Der Energie-3-Sprung	6
1.3	Abwasser ist ein kostbarer Wertstoff	7
<b>2</b>	<b>Aus Abwasser wird Wärme</b>	<b>8</b>
2.1	Abwasser enthält wertvolle Wärmeenergie	8
2.2	Energie vor Ort – Abwasserwärme im Gebäude	9
2.3	Wärme aus dem Kanal	10
2.3.1	Erfolgreiche Abwasserwärmenutzung in fünf Schritten	10
2.3.2	Der Wärmetauscher – Herzstück zur Gewinnung von Abwasserwärme	14
2.4	Wärmenutzung des Kläranlagenablaufs	15
<b>3</b>	<b>Mit Abwasser Strom erzeugen – Nutzung der Lageenergie</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Bioenergie – aus Abwasser wird Faulgas</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Abwasseranlagen optimieren – die Energiewende in der Praxis</b>	<b>20</b>
5.1	Wo sind die Stromverbraucher?	20
5.2	Energiemanagement von Abwasseranlagen – sechs Schritte zum Erfolg	21
5.3	Der Energie-3-Sprung bei Abwasseranlagen	25
5.3.1	Wie funktioniert's ?	25
5.3.2	Energieeinsparpotenziale	26
5.3.3	Effizienzsteigerung	29
5.3.4	Ersatz fossiler Energieträger	30
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>32</b>
	<b>Anhang</b>	<b>33</b>

## 1 Mit Abwasser zum Klimaschutz beitragen



Abb. 1: Kläranlage mit Photovoltaikanlage auf dem Betriebsgebäude

### 1.1 Wie gelingt Klimaschutz?

Zum Schutz des Klimas müssen alle energetischen Potenziale in unserem täglichen Leben – ein Bündel aus vielen Einzelmaßnahmen – genutzt werden, um die Emission von Treibhausgasen zu verringern. Dieser Leitfaden zeigt auf, über welche Möglichkeiten Kommunen verfügen, um im energetisch oftmals unterschätzten Bereich Abwasser einen Beitrag zur Energiewende zu leisten und damit Energie und Strom zu sparen.

#### Die Energiewende

Der Begriff Energiewende bezeichnet eine sichere, bezahlbare und umweltfreundliche Umgestaltung unserer Energieversorgung. Neben der Verringerung des Verbrauchs und dem effizienten Umgang mit Energie, steht der Ersatz atomarer und fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien im Mittelpunkt. Sie sollen bis 2025 70 % der Bruttostromerzeugung in Bayern decken. Dabei tragen geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen in hohem Maße dazu bei, dem Klimawandel entgegenzuwirken.

Energiewende bedeutet weg von atomaren und fossilen Energieträgern.

## 1.2 Der Energie-3-Sprung

Die Energiewende ist mit dem sogenannten Energie-3-Sprung zu erreichen. Dabei werden alle Möglichkeiten zur Einsparung, zur Effizienzsteigerung und zur Energieerzeugung aus regenerativen Quellen ausgeschöpft. Der bloße Ersatz von fossilen durch regenerative Energieträger bei gleichzeitig verschwenderischem und ineffizientem Umgang mit Energie, wäre der falsche Weg.



Abb. 2: Energie-3-Sprung

Der Energie-3-Sprung ist gerade bei Abwasseranlagen gut anwendbar:

→ Kapitel 5

- **Einsparung von Energie**, z. B. durch betrieblich angepasste Verringerung von Pumpen-, Rührwerks- und Gebläse-Laufzeiten
- **Effizienzsteigerung**, z. B. durch Optimierung der Maschinen- und Verfahrenstechnik
- **Ersatz fossiler Energieträger (Substitution)** durch die Verwertung von im Abwasser enthaltener Energie, z. B.

→ Kapitel 2

– Wärmeenergie zur Gebäudebeheizung

→ Kapitel 3

– Lageenergie in Kanal und Kläranlage zur Stromerzeugung

→ Kapitel 4

– Bioenergie zur Strom- und Wärmegewinnung aus Faulgas

Dieser Leitfaden zeigt, dass Kommunen Abwasser nicht nur als Kostenfaktor betrachten müssen, sondern ihm auch sehr viel Positives abgewinnen können.

Abb. 3: Die Kläranlage als Kraftwerk: Blockheizkraftwerk zur Energieerzeugung (links)



Abb. 4: Faulgasspeicher (rechts)





### 1.3 Abwasser ist ein kostbarer Wertstoff

Natürlich steht bei einer zeitgemäßen Abwasserbeseitigung der Gewässer- und Umweltschutz im Vordergrund, gleichzeitig sollten aber auch die verwertbaren Bestandteile im Abwasser einer Nutzung zugeführt werden. Neben den enthaltenen Nährstoffen ist dies insbesondere der Energiegehalt.

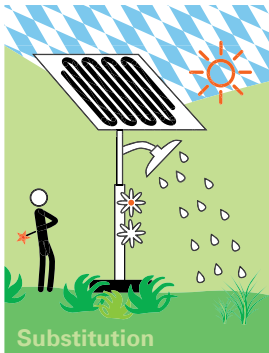
Abwasser ist wegen seines im Vergleich zu Grund- und Oberflächenwasser hohen Temperaturniveaus eine wertvolle Wärmequelle. Auch der hohe Kohlenstoffgehalt im Abwasser kann in einer Faulgasanlage zu Strom und Wärme umgewandelt werden. Die Kläranlage wird so zum Kraftwerk, das Abwasser zum Treibstoff.

Abwasser – Wärmequelle, Nährstofflieferant und „Treibstoff“

Die Kommunen können einen sinnvollen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten, wenn sie den „Energieträger Abwasser“ nutzen und den Energiebedarf ihrer Abwasseranlagen optimieren. Daneben können auch Kosten gespart werden.

#### Hätten Sie es gewusst?

- Jeder Einwohner produziert täglich etwa 130 Liter Abwasser, davon die Hälfte mit einer Temperatur von rund 30 °C. Das Abwasser von zehn Haushalten könnte damit jeweils einen Haushalt mit Wärme versorgen.
- Kläranlagen verbrauchen derzeit pro Einwohner jährlich rund 40 kWh Strom. Mit diesem Stromverbrauch könnte jeder im Jahr auch 60 Maschinen Wäsche waschen.
- Insgesamt beträgt der Stromverbrauch bayerischer Kläranlagen rund 600 GWh (600 Mio. kWh), was dem Jahresverbrauch von 170.000 Haushalten entspricht.
- Wesentliche Anteile der kommunalen Stromrechnung gehen derzeit zu Lasten des Kläranlagenbetriebs, der damit oft der größte Einzelverbraucher vor Schulen, Verwaltungsgebäuden oder Straßenbeleuchtung ist.
- Eine Kläranlage kann im Idealfall aus dem Abwasser über die Faulgasnutzung fast den gesamten für den Anlagenbetrieb benötigten Strom gewinnen.



## 2 Aus Abwasser wird Wärme

### 2.1 Abwasser enthält wertvolle Wärmeenergie

Was geschieht eigentlich mit dem Wasser, das bei der Körperpflege, in Wasch- und Geschirrspülmaschinen oder in Industrie und Gewerbe mit Temperaturen von meist mehr als 30 °C anfällt? Dieses warme Wasser wird ungenutzt in den Abwasserkanal geleitet. Das ist, als ob bei geöffnetem Fenster die Heizung mit voller Leistung laufen würde!

Natürlich muss das nicht sein. Ein Großteil der Wärme im Abwasser kann über sogenannte Wärmetauscher wieder für Heizzwecke zurück gewonnen werden. Beispielsweise könnte die Wärmeenergie, die ein Liter Heizöl enthält, durch den Wärmegehalt von etwa 8.500 Litern Abwasser ersetzt werden. Diese Abwassermenge wird täglich von rund 70 Einwohnern erzeugt.

**Etwa 15 % der in Gebäuden produzierten Wärme fließt über das Abwasser ungenutzt in den Kanal.**

Abwasser fällt an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen Temperaturen und variierenden Mengen an. Welcher Entnahmeort am vorteilhaftesten ist, hängt von den Randbedingungen ab. Innerhalb von Gebäuden ist zwar die Abwassertemperatur hoch und eine unmittelbare Nutzung möglich, die Abwassermengen sind allerdings oft gering. Dagegen liegen im Ablauf der Kläranlage die größten Abwassermengen und die geringsten Verschmutzungen vor, die Entfernung zu einem Wärmeabnehmer ist aber meist groß. Einen guten Kompromiss stellt daher die Nutzung der Abwasserwärme in Kanälen dar. Hier sind die Abwassermengen groß, die Temperaturen relativ hoch und die Entfernungen zu Nutzern gering.

Die Nutzung dieser Energie erfolgt über Wärmetauscher (WT), die vom warmen Abwasser überströmt werden. Dabei wird das Kreislaufwasser im Wärmetauscher erwärmt. Anschließend erfolgt über eine Wärmepumpe (WP) meist eine weitere Temperaturerhöhung auf das gewünschte Niveau.

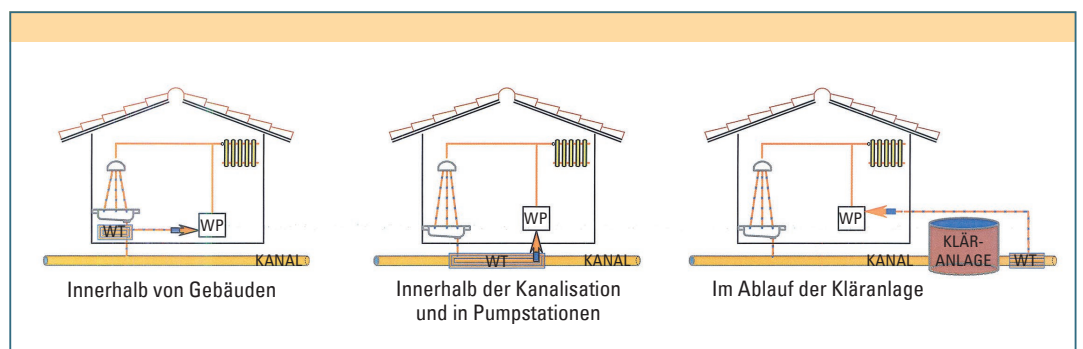


Abb. 5: Orte für die Wärmeentnahme aus Abwasser

Abwasser fällt je nach Entnahmeort mit einer Temperatur zwischen 10 und 30 °C an. Das ist in der Regel nicht warm genug, um Gebäude unmittelbar zu beheizen, so dass diese Temperatur über eine Wärmepumpe (WP) auf etwa 40 °C erhöht werden muss. Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe ist umso höher, je geringer der Unterschied zwischen der Abwasser- und der erforderlichen Heiztemperatur, beispielsweise bei Fußbodenheizungen, ist. Bei einem guten Anlagenwirkungsgrad kann aus rund 75 % Abwasserwärme und 25 % Strom die ganze Heizenergie erzeugt werden.

## 2.2 Energie vor Ort – Abwasserwärme im Gebäude

Da das Abwasser im Gebäude noch eine relativ hohe Temperatur aufweist, kann bereits hier Wärme gewonnen werden.

Besonders eignen sich die angebotenen Systeme für Einrichtungen, in denen große Mengen an warmem Abwasser anfallen. Dies können beispielsweise Schwimmbäder, Wohnkomplexe, Krankenhäuser oder Sportstätten sein.

Zusätzlich gibt es Wärmetauschersysteme, die ohne Wärmepumpe eine Vorerwärmung des kalten Trinkwassers allein über den warmen Abwasserstrom ermöglichen. Diese Systeme sind meist direkt in der Ablaufrinne von Duschtassen montiert und reduzieren den Energiebedarf um 20 % bis 40 %.

Möglichkeiten für kommunale Abwasserwärmenutzung in Gebäuden:

- Schwimmbäder
- Sportstätten
- Krankenhäuser
- Wohnkomplexe

### Beispiel Berlin: Abwassernutzung im Hochhaus

In einem Hochhaus mit 36 Wohnungen in Berlin wird eine Anlage zur Nutzung der Abwasserwärme betrieben. Die Wärme des anfallenden Abwassers wird über ein Wärmetauschersystem auf das Trinkwasser übertragen, dessen Temperatur dann durch eine Wärmepumpe auf 30 °C erhöht wird. Anschließend wird die Wassertemperatur über eine Gas-Brennwertanlage nochmal auf 60 °C angehoben. Mit der Anlage werden täglich 115 kWh Heizwärme erzeugt. Damit halbiert sich der Primärenergieeinsatz gegenüber einer konventionellen Anlage.

Die Anlagentechnik ist relativ kostengünstig und einfach. Im Vergleich zu einer konventionellen Warmwasserbereitung sind die Kosten für die Mieter darum günstiger.



Abb. 6: Wärmetauscher im Keller eines Berliner Hochhauses

In vielen Fällen kann die Kommune schon im Vorfeld Motor beim Einsatz der Abwasserwärmenutzung in Gebäuden sein:

1. Im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren können Kommunen die Architekten und Bauherren unverbindlich über die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung informieren. Je mehr Beteiligte diese Technik kennen, desto häufiger wird deren Potenzial ausgeschöpft werden. Hier ist Kommunikation der Schlüssel zum Erfolg.
2. Für kommunale Einrichtungen sollte die Machbarkeit einer Abwasserwärmenutzung im Rahmen von Sanierungsarbeiten oder Neubauten geprüft werden.

Die Kommune ist Motor der Umsetzung.

## 2.3 Wärme aus dem Kanal



Abb. 7: Edelstahl-Wärmetauscher auf der Kanalsohle (links)



Abb. 8: Montage eines Rinnenwärmetauschers (rechts)

### 2.3.1 Erfolgreiche Abwasserwärmenutzung in fünf Schritten

Dank der großen Abwassermenge innerhalb der Kanalisation ist das Wärmepotenzial dort besonders hoch.

#### Wem gehört das Abwasser im Kanal?

- Durch die Einleitung in den Kanal gelangt das Abwasser in den Besitz der Kommune. Sie kann über die Wärme im Abwasser frei verfügen.
- Die Übernahme von zusätzlichen Kosten, die im Kanal- und Kläranlagenbetrieb durch die Abwasserwärmenutzung entstehen, ist vertraglich mit dem Energieversorger zu regeln.

#### 1. Schritt: Grundsätzliche Machbarkeit anhand der Checkliste überprüfen

In fünf Schritten lässt sich gezielt auf eine erfolgreiche Abwasserwärmenutzung hinarbeiten. Als erstes ist die grundsätzliche Machbarkeit grob nach der Checkliste abzuschätzen.

### Checkliste der Randbedingungen für die Abwasserwärmenutzung

1. Abwassermenge von mindestens 5.000 Einwohnern
2. Ausreichend großer Wärme-Abnehmer von etwa 150 kW (zum Beispiel Rathäuser, Verwaltungsgebäude, Schulen, Kindergärten, Hotels, Heime, Sport-hallen) – unter günstigen Randbedingungen auch weniger
3. Kurze Entfernung der Wärme-Abnehmer zur Kanalisation (100 m in bebauten, 300 m in unbebauten Gebieten; bei großer Heizleistung können auch größere Entfernungen noch wirtschaftlich sein)
4. Berücksichtigung „alternativer“ Energieträger wie Fernwärme in Energiekonzepten
5. Vorhandene oder beabsichtigte Planung einer Kanalsanierung
6. Prüfung, ob Bedarf für eine Kühlung besteht (zur wirtschaftlicheren Nutzung der Wärmepumpe)

Als zweiter Schritt sollte die Kommune eine sogenannte Energiekarte erstellen. Dafür sind die Randbedingungen der Checkliste für jeden Kanalabschnitt abzufragen und graphisch darzustellen. Auf der Energiekarte sind dann die Standorte zu erkennen, die für eine Abwasserwärmenutzung in Frage kommen.

### 2. Schritt: Energiekarte für jeden Kanalabschnitt erstellen

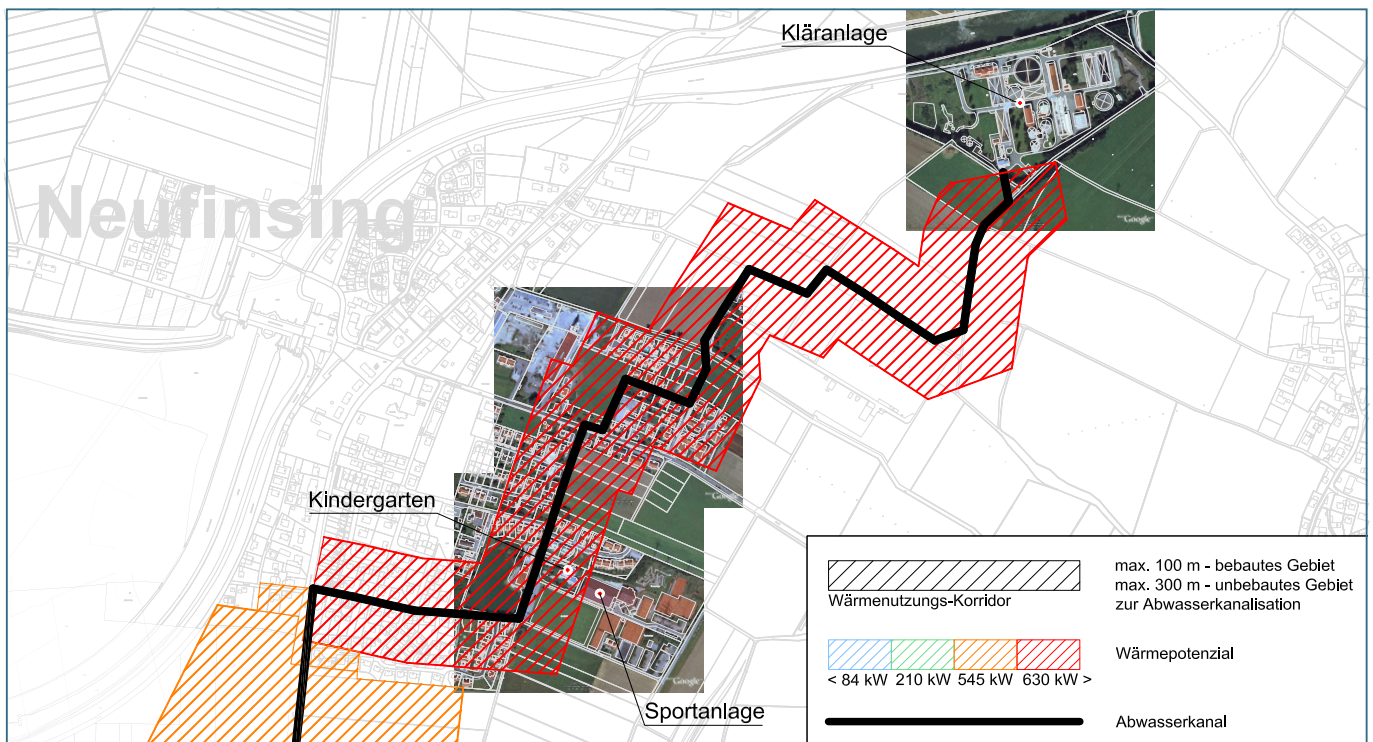


Abb. 9: Auszug aus einer Energiekarte (vereinfacht)

Zunächst werden im Stadtplan die vorhandenen oder geplanten Abwasserkanäle verzeichnet. In einem weiteren Schritt wird dann gemäß des Wärmepotenzials der Wärmenutzungs-Korridor farbig eingetragen. Das Wärmepotenzial berechnet sich dabei aus der Abwassermenge oder der Anzahl an angeschlossenen Einwohnern (Nr. 1 der Checkliste).

Schließlich werden größere Wärmeabnehmer innerhalb des Korridors – zum Beispiel in Form von Luftaufnahmen wie in Abb. 9 – kenntlich gemacht (Nr. 2 bis 3). Ebenso sind alternative Energieträger wie z. B. Fernwärme und geplante Kanalsanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen (Nr. 4 bis 5). Aus dieser Darstellung ergeben sich Hinweise auf geeignete Objekte zur wirtschaftlichen Abwasserwärmenutzung. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Energiekarte sollten bereits in Bebauungsplänen berücksichtigt werden, um künftige Bauherrn auf diese effiziente Beheizungsmöglichkeit hinzuweisen.

### Wo gibt es weitere Informationen und Unterstützung?

- Informationen zur Nutzung von Abwärme, die sich nicht nur auf Abwasser beschränken, liefert der [Energie-Atlas Bayern](#) in der Rubrik „Abwärme“. Die dort integrierte Abwärmeinformationsbörse hilft, Abwärmeprojekte zu planen, indem gezielt nach Quellen und Senken von Abwärme gesucht werden kann. Des Weiteren liefert der Energie-Atlas Praxisbeispiele mit Ansprechpartnern in ganz Bayern.
- Der [Arbeitskreis „Abwasserwärmenutzung“](#) im Umwelt Cluster Bayern leistet unabhängige Beratung zum Thema. Der Arbeitskreis ist eine geeignete Anlaufstelle für Fragen zur Energiekarte und zur Bewertung möglicher Projekte.

### 3. Schritt: Gespräche mit allen Beteiligten führen

Für die identifizierten Objekte empfehlen sich in jedem Planungsstadium Gespräche mit den möglichen Projektbeteiligten wie

- Abwasserbetrieb
- Eigentümer und Nutzer der Liegenschaft
- Architekt und Heizungsplaner der Liegenschaft
- Energieversorgungsunternehmen

Diese frühzeitigen Gespräche vermeiden Interessenskonflikte und Schnittstellenprobleme. Nur im Konsens kann ein Projekt erfolgreich durchgeführt werden.

### 4. Schritt: Machbarkeitsstudie durch ein fachkundiges Ingenieurbüro beauftragen

Zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie, in der auch die wirtschaftlichen Aspekte beleuchtet werden, ist ein qualifiziertes Planungsbüro einzubeziehen. Die Auswahl des Büros sollte sich nach der Fachkunde der Ingenieure in den Bereichen Tiefbau, Abwasser- und Heizungstechnik richten. Idealerweise verfügt der Planer über Referenzen in der Abwasserwärmenutzung.

Das Planungsbüro ermittelt zunächst die Grundlagen des Kanal- und Kläranlagensystems wie

- Zustand der Kanalhaltungen
- Abflussmengen im zeitlichen Verlauf (analog Abb. 10)
- Abwassertemperaturen zur Sicherstellung der Reinigungsleistung der Kläranlage (Abb. 10)
- Zeitlicher Verlauf des Wärmebedarfs der Liegenschaft

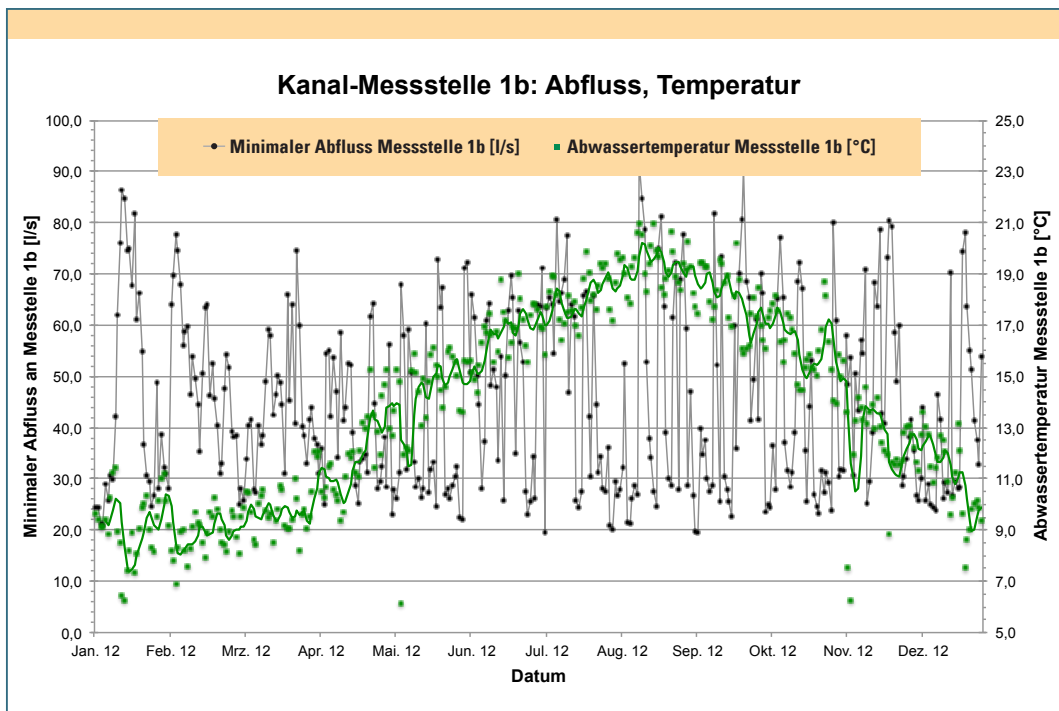


Abb. 10: Temperatur und Abfluss in einem Kanalabschnitt als Planungsgrundlage

Aus diesen Angaben können ein maßgeschneidertes Gesamtkonzept und mögliche Alternativen entwickelt werden. Unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten und Energiekosten sowie weiterer wirtschaftlicher und technischer Faktoren können dann Entscheidungen getroffen werden.

Auf Grundlage der Machbarkeitsstudie kann schließlich die Ausführungsplanung in Auftrag gegeben werden.

#### 5. Schritt: Ausführungsplanung erstellen lassen

#### Hätten Sie es gewusst?

Eine Auswahl der für die Abwasserwärmenutzung relevanten Programme können dem Anhang entnommen werden. Alle Förderprogramme sind in der „Förderfibel Umweltschutz“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt dargestellt.

#### Wissenswertes für Gebäudeeigentümer:

Die Nutzung der Abwasserwärme ist analog zu der Nutzung erneuerbarer Energien eine anerkannte Maßnahme zur Deckung des Wärmebedarfs (§ 42 Gebäudeenergiegesetz, GEG 2020). Somit ist die Abwasserwärme bei allen Baumaßnahmen an Gebäuden den Energiequellen Sonne und Biomasse gleichgestellt.

### 2.3.2 Der Wärmetauscher – Herzstück zur Gewinnung von Abwasserwärme

Wärmetauscher im Abwasserbereich sind extremen chemisch-physikalischen Belastungen ausgesetzt. Darum haben sich speziell für den Abwasserbereich entwickelte, robuste Wärmetauscher für unterschiedliche Einsatzbedingungen durchgesetzt. Insbesondere werden sogenannte Rinnen- und Bypass-Wärmetauscher verwendet.

#### Rinnenwärmetauscher

Die derzeit am häufigsten eingesetzte Technik der Wärmenutzung im Kanal ist das Rinnenwärmetauscher-System. Dabei werden die Wärmetauscherelemente auf die Sohle des Kanals montiert. Das Abwasser gibt dann seine Wärme auf das in den Elementen strömende Kreislaufwasser ab.

Eine Kanalsanierung kann ein guter Anlass für den Einbau von Rinnenwärmetauschern sein.

Das Einbringen dieser Edelstahl-Wärmetauscher-Elemente in den Kanal kann meist direkt über die Schächte erfolgen. Die Elemente werden mit der Kanalsohle verschraubt und die Kreislaufwasserleitungen mit der Wärmepumpe verbunden. Für die Montage der Elemente wird eine Abwasserhaltung benötigt, die auch bei der Sanierung von Kanälen erforderlich ist. Daher empfiehlt es sich, bei geplanten Kanalsanierungen auch eine Abwasserwärmenutzung zu prüfen (vgl. Checkliste Seite 11), da eventuell erhebliche Kosten gespart werden können. Die Einflüsse auf die Instandhaltung des Kanals (z. B. Hochdruck-Reinigung oder Inliner-Verfahren) durch die Wärmetauscher-Elemente sind zu beachten. Zum Nachweis des Wärmeentzugs wird empfohlen vor und nach dem Wärmetauscher Temperaturfühler zu installieren.



Abb. 11: Fürther Rathaus

#### Beispiel Mittelfranken: Abwasser beheizt das Rathaus

In den Hauptsammler der Stadt Fürth, der unmittelbar neben dem Rathaus liegt, wurde ein Rinnenwärmetauscher installiert. Über eine Wärmepumpe stehen damit jährlich rund 600.000 kWh zur Beheizung des Gebäudes mit einer Grundfläche von knapp 5.000 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Die auftretende Spitzenlast für die wenigen besonders kalten Tage wird über Gas-Brennwert-Kessel abgedeckt.

Das Projekt zeigt sich als besonders gut geeignet für die Technik mit Rinnenwärmetauschern, da der Kanal einen ausreichend großen Querschnitt aufweist, die Heizungsanlage im Rathaus ohnehin erneuert werden musste und der Kanal nur 14 Meter vom Rathaus entfernt liegt.

- Heizleistung 266 kW
- Amortisationszeit 7 Jahre
- Investitionen 800.000 €
- Gesamte Primärenergieeinsparung 65 %

#### Bypass-Wärmetauscher

Manchmal ist es nicht möglich, zum Beispiel bei kleinen Kanaldurchmessern, einen Rinnenwärmetauscher zu verlegen. In diesen Fällen kann das Abwasser auch zu einem extern aufgestellten Bypass-Wärmetauscher geführt werden, um dort die Wärme



abzugeben. Das abgekühlte Abwasser wird wieder dem Kanal zugeleitet. Im Gegensatz zum Rinnenwärmetauscher wird die hydraulische Abflussleistung des Kanals durch Bypass-Wärmetauscher nicht beeinträchtigt. Solche Systeme eignen sich besonders bei Kanaldurchmessern kleiner 800 mm, wie sie oft in Trennsystemen zu finden sind, oder für industrielle Anwendungen, bei denen die Wärme von Produktionsabwässern verwertet werden soll.

### Beispiel Niederbayern: Bypass-Wärmetauscher versorgt ganze Siedlung

In der Stadt Straubing wird eine Siedlung mit 102 Wohneinheiten mit Abwasserwärme beheizt. Da sich der Kanal nicht für den Einsatz von Rinnenwärmetauschern eignet, wurde ein externer Bypass-Wärmetauscher installiert. Der jährliche Wärmebedarf von 500.000 kWh kann damit gedeckt werden. Die Amortisationszeit von 15 Jahren ist kürzer als bei der Gebäudedämmung.

- Heizleistung 210 kW
- Amortisationszeit 15 Jahre
- Investitionen 800.000 €

Bypass-Wärmetauscher werden bei kleineren Kanalquerschnitten eingesetzt.



Abb. 12: Heizungsgebäude mit Bypass-Wärmetauscher für die Wohnsiedlung in Straubing

## 2.4 Wärmenutzung des Kläranlagenablaufs

Aufgrund des stofffreien Abwassers im Ablauf der Kläranlage kann ein Wärmetauscher hier sehr kompakt und kostengünstig dimensioniert werden. Die Abwasserwärme kann von geeigneten Wärmeabnehmern in der Nähe des Kläranlagenablaufs oder auch auf der Kläranlage selbst genutzt werden. Als mögliche Einsatzgebiete lassen sich nennen:

- Beheizung von Räumlaufbahnen auf Kläranlagen
- Trocknung von Klärschlämmen
- Beheizung von Gebäuden

Die Abwasserwärme kann auch direkt auf der Kläranlage selbst genutzt werden.

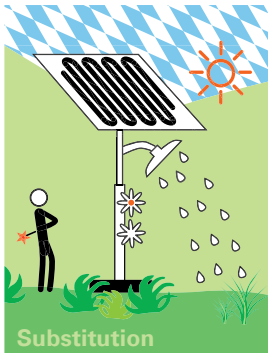
### Beispiel Unterfranken: Räumlaufbahn-Beheizung

Die Räumlaufbahn eines Nachklärbeckens wurde saniert. Statt die Schnee- und Eisfreiheit der Laufbahn über Heizdrähte zu gewährleisten, wird jetzt mit Wärme aus dem gereinigten Abwasser geheizt. Für die Beheizung wird lediglich eine Zirkulationspumpe benötigt.

Die Stromeinsparung beträgt damit 99 % gegenüber der elektrischen Beheizung.



Abb. 13: Abwasserbeheizte Räumlaufbahn



### 3 Mit Abwasser Strom erzeugen – Nutzung der Lageenergie

In Kanalsystemen und auf Kläranlagen sind nicht selten Höhenunterschiede über Abstürze, Schächte oder Wehre zu überwinden. Diese Lageenergie kann grundsätzlich durch Wasserkraftanlagen energetisch verwertet werden. Hierzu stehen im Wesentlichen zur Verfügung:

- Turbinen
- Wasserkraftschnecken
- Wasserräder

Turbinen eignen sich in der Regel nur für den Betrieb mit bereits mechanisch vorgereinigtem Abwasser. Diese können bei ausreichender Wassermenge und Fallhöhe vorteilhaft im Kläranlagenablauf eingesetzt werden.

Der Einsatz von Wasserkraftschnecken und Wasserrädern zur Energiegewinnung ist grundsätzlich auch mit ungereinigtem Abwasser im Kanal möglich. Bisher ist jedoch kein Anwendungsfall in Bayern bekannt.

Leistung und Kosten einer Kleinwasserkraft-Anlage können schnell abgeschätzt werden.

Eine Leistungsabschätzung von Wasserkraftschnecken und Wasserrädern kann nach folgenden Formeln überschlagen werden:

$$\text{Leistung (kW)} = \text{Wassermenge (m}^3/\text{s)} \times \text{Fallhöhe (m)} \times 7,5$$

$$\text{Arbeit (kWh)} = \text{Leistung (kW)} \times \text{Laufzeit (h)}$$

$$\text{Investition (€)} = \text{Leistung (kW)} \times 15.000 \text{ bis } 25.000 \text{ (€/kW)}$$

Wasserkraftanlagen in der Kanalisation können wirtschaftlich bei den heutigen Investitionskosten nur bei großen Wassermengen und/oder hohen Abstürzen betrieben werden. Dabei ist auch die stark korrosive Umgebung innerhalb des Kanals bei der Materialwahl unbedingt zu berücksichtigen.

**Beispiel Oberfranken : Stromerzeugung durch eine Turbine im Kläranlagenablauf**

Die Verwaltungsgemeinschaft Betzenstein nutzt ein innovatives Verfahren zur Energiegewinnung aus Abwasser. Der Höhenunterschied von rund 60 Metern zwischen dem Ablauf der Kläranlage und der Einleitungsstelle in die Pegnitz wird genutzt, um die potenzielle Energie (Lageenergie) des Abwassers in elektrische Energie umzuwandeln. Dabei wird eine rückwärtslaufende Abwasser-Kreiselpumpe, von gereinigtem Abwasser angetrieben, als Turbine verwendet. Das Projekt wurde mit dem Innovationspreis Abwasser des StMUV ausgezeichnet.

- Nennleistung der Turbine: 22,6 kW
- Baukosten: 214.000 Euro
- Höhendifferenz: 60 m
- Leitungslänge: 7 km
- Nennweite: DN 400 mm
- Abwassermenge in 2020: 275.000 m<sup>3</sup>
- Stromerzeugung in 2020 / Ziel (Optimierung und Ausbau): 22.000 kWh / 100.000 kWh

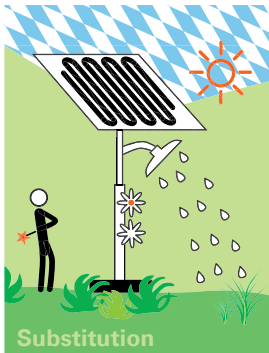


Abb. 14: Rückwärtslaufende Abwasserpumpe als Turbine im Ablauf der Kläranlage Betzenstein/Plech

Erfolgversprechende Praxisversuche wurden mit einer neu entwickelten Abwasserturbine durchgeführt, einer Kombination aus einem Wasserrad und einer offenen Turbine (Abb. 15). Diese Anlage kann mit Rohabwasser betrieben werden und benötigt keine großen Fallhöhen, da sie die Bewegungsenergie des Abwassers nutzt. Aufgrund der einfachen Bauart sind für den Einbau meist nur geringe Anpassungen im Kanal notwendig.



Abb. 15: Prototyp der Abwasserturbine im Kanalnetz



## 4 Bioenergie – aus Abwasser wird Faulgas

Auch in Kläranlagen verursacht das zu reinigende Abwasser nicht nur Aufwand und Kosten, sondern lässt sich direkt als Energiequelle nutzen. Bei der Abwasserreinigung entsteht Klärschlamm, der durch Bakterien teilweise in Faulgas umgewandelt werden kann. In Blockheizkraftwerken (BHKW) oder Mikrogas-Turbinen kann das Faulgas dann zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet werden. Faulgasverluste sind dabei zu vermeiden. Einerseits würde sich die gewinnbare Energie reduzieren und andererseits ist das im Faulgas enthaltene Methan klimaschädlich, wenn es in die Umwelt gelangt.

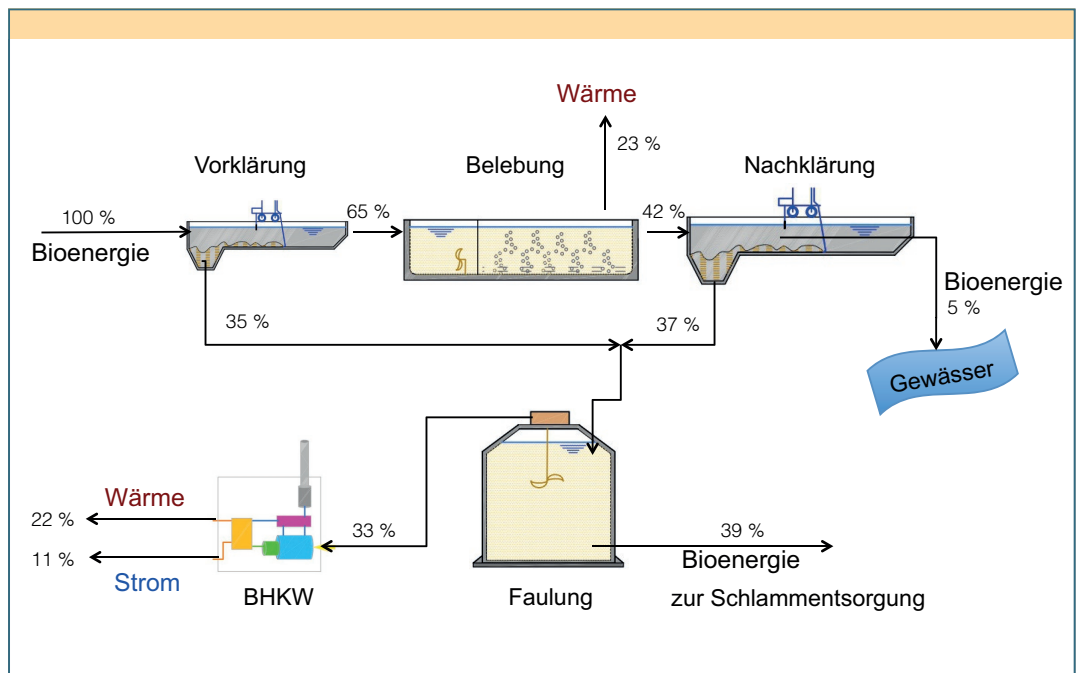


Abb. 16: Umwandlung von Bioenergie in Strom und Wärme auf Kläranlagen (rechts)

Abb. 17: Verschwendung von Bioenergie: Faulgas wird abgepackelt statt genutzt (unten links)

Abb. 18: Faulgasbehälter (unten rechts)



Die im Abwasser enthaltene Bioenergie beträgt rund 160 kWh pro Einwohner (E) und Jahr (a). In Abb. 16 wird deutlich, dass in kommunalen Kläranlagen bis zu einem Drittel dieser Energiemenge als Strom und Wärme genutzt werden kann.

Auf vielen bayerischen Kläranlagen besteht noch Potenzial zur Steigerung der Faulgasnutzung. Noch immer sind Belebtschlammanlagen mit einer Faulung zu finden, die das Faulgas mangels BHKW lediglich zur Wärmegewinnung nutzen. Es gibt jedoch eine Reihe von Beispielen, die die Wirtschaftlichkeit einer nachträglichen Installation einer Eigenstromerzeugung belegen.

#### Beispiel Oberfranken: Nachträgliche Installation eines Blockheizkraftwerks

Eine oberfränkische Kläranlage wurde nachträglich mit einem kleinen Blockheizkraftwerk ausgestattet. Dank des sehr guten Wirkungsgrades kann das gesamte Faulgas nun effizient zur Stromerzeugung genutzt werden.

- Ausbaugröße 28.000 E
- Belastung 24.000 E
- Investitionen BHKW 245.000 €
- Betriebskostensparnis 60.000 €/a
- Stromerzeugung 376.000 kWh/a

Im Idealfall kann fast der gesamte Stromverbrauch einer Kläranlage aus Bioenergie gewonnen werden.



Abb. 19: Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Eigenstromerzeugung

#### Beispiel Oberbayern: Installation einer Mikrogasturbine

In Oberbayern wurde eine Kläranlage mit einer Mikrogas-Turbine nachgerüstet, die das ganze Faulgas zur Stromerzeugung verwendet.

- Ausbaugröße 30.000 E
- Belastung 30.000 E
- Investitionen Gasturbine 280.000 €
- Betriebskostensparnis 80.000 €/a
- Stromerzeugung 516.000 kWh/a



Abb. 20: Mikrogas-Turbine zur Eigenstromerzeugung

## 5 Abwasseranlagen optimieren – die Energiewende in der Praxis

### 5.1 Wo sind die Stromverbraucher?

Die meiste Energie braucht die Belebung.

Der mit Abstand größte Energieverbraucher einer Kläranlage ist mit ca. 50 % die biologische Reinigungsstufe (Belebung) mit den Gebläsen und den Rührwerken. Mit einer Betriebsanpassung an nur wenigen Maschinen oder dem Austausch gegen effizientere Aggregate sind oft große Einsparungen zu erzielen.

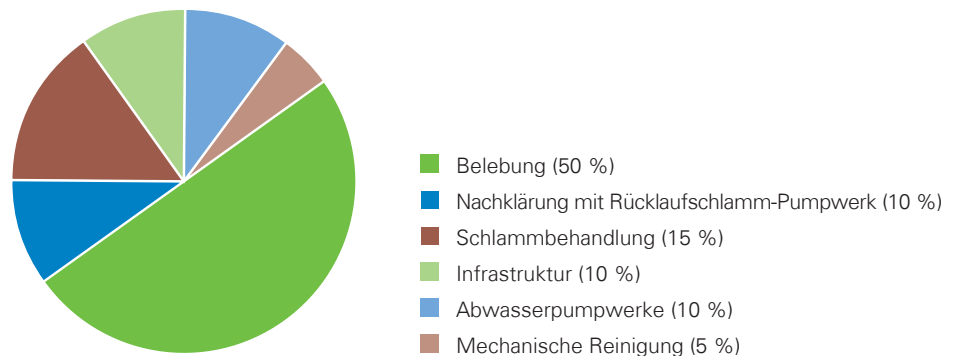


Abb. 21: Verteilung des Stromverbrauchs einer Kläranlage

Natürlich lohnt es sich auch, die anderen Bereiche zu berücksichtigen. Oft sind zusätzliche Einsparpotenziale bei Pumpwerken, beim belüfteten Sandfang, bei Heizungspumpen, bei der Beleuchtung oder der Kühlung von Aggregaten zu finden.

Viele Randbedingungen einer Kläranlage können beeinflusst werden.

Auch bei Pumpwerken im Kanalnetz sind Energieeinsparmaßnahmen häufig umsetzbar:

- Werden Durchfluss und Pumpendruck kontinuierlich gemessen und ausgewertet, sind Laufradverschleiß und Ablagerungen in der Druckleitung, die zu einem Anstieg des Stromverbrauchs führen, rechtzeitig erkennbar.
- Durch den Einbau von Be- und Entlüftungsventilen – an den Hochpunkten – sinkt der Luftanteil in der Druckleitung. Das Abwasser kann mit weniger Energieeinsatz gefördert werden.
- Durch die Optimierung des Pumpenlaufrades kann das Abwasser effizienter abgeleitet werden. Maßgebend ist dabei die Sicherstellung einer "verstopfungsfreien" Abwasserableitung.

Während vielfach gute Möglichkeiten zum Stromsparen bestehen, gibt es auch anlagen-spezifische Randbedingungen, die nur teilweise beeinflusst werden können (siehe blau hinterlegte Textbox auf Seite 21). Entsprechend können sich die Verbrauchswerte auch bei optimierten Anlagen untereinander erheblich unterscheiden.

Ein wichtiges Instrument, um die Energiepotenziale von Abwasseranlagen zu nutzen, ist das Energiemanagement auf der Basis einer Energieanalyse. Bei zahlreichen Energieanalysen der letzten Jahre wurden erhebliche Optimierungsmaßnahmen auf Kläranlagen identifiziert, mit denen der Strombezug der untersuchten Anlagen im Mittel langfristig etwa um die Hälfte gesenkt werden kann.

Randbedingungen	Einflussnahme
Qualität der Maschinen	möglich
Qualität der Mess-Steuer-Regeltechnik	möglich
Verfahrensführung	möglich
Reststoffbehandlung (Faulung)	möglich
Auslastungsgrad	kaum möglich
Qualität und Quantität des Anlagenzuflusses	kaum möglich
Anlagengröße und Reinigungsanforderungen	nicht möglich
Topografie der Anlage	nicht möglich

■ Einsparungen (47 %)  
 ■ Strombezug nach Optimierung (53 %)

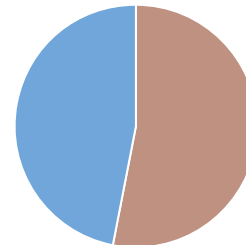


Abb. 22: Stromeinsparungspotenzial bayerischer Kläranlagen

### 5.2 Energiemanagement von Abwasseranlagen – sechs Schritte zum Erfolg

Das Energiemanagement bei einem Gebäude oder in einem Betrieb ist ein erprobtes und bewährtes Instrument, um den Energieverbrauch zu überwachen, Schwankungen auf den Grund zu gehen und Ansatzpunkte für Optimierungen zu identifizieren. Dadurch lassen sich Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen dauerhaft senken. Das Prinzip ist für alle kommunale Liegenschaften gleich. Im Rahmen des kommunalen Energiemanagements (KEM) hatten Abwasseranlagen bislang keinen besonderen Stellenwert. Vor dem Hintergrund, dass sie den größten Energiebedarf aller Liegenschaften haben, ist die Einführung eines Energiemanagements gerade für diese Infrastruktureinrichtungen einer Gemeinde besonders wichtig.

Ein Energiemanagement garantiert den nachhaltigen Erfolg bei der Senkung des Energieverbrauchs.

Die Vorgehensweise beim Energiemanagement ist in Abb. 23 schematisch dargestellt und wird speziell für Abwasseranlagen nachfolgend erläutert.

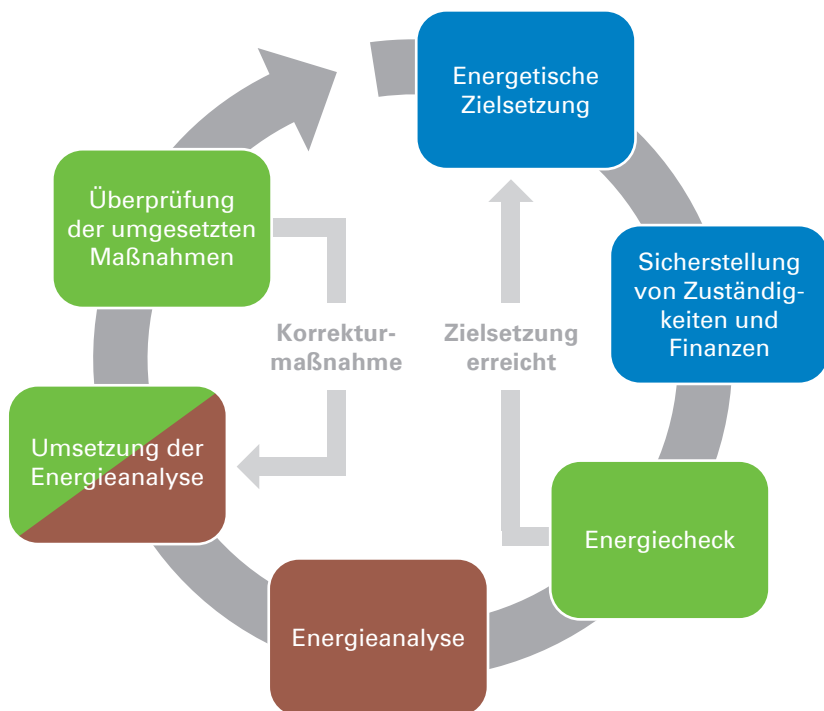


Abb. 23: Vorgehensweise beim Energiemanagement: Wer macht was?

■ Bürgermeister und Verwaltung  
 ■ Betriebspersonal  
 ■ Externe Fachleute

## Energiemanagement von Abwasseranlagen in sechs Schritten:

Bürgermeister  
und Verwaltung

### Schritt 1: Energetische Zielsetzung

Wird im Rahmen der kommunalen Energiepolitik ein Energiemanagement für Abwasseranlagen eingeführt, sollten zu Beginn die energetischen Ziele festgelegt werden. Ziele könnten eine stromautonome Kläranlage oder die Reduzierung des Energieverbrauchs um einen bestimmten Prozentsatz sein.

### Schritt 2: Sicherstellung von Zuständigkeiten und Finanzierung

Die Umsetzung der energetischen Ziele ist auch organisatorisch durch die Festlegung konkreter Zuständigkeiten und Entscheidungskompetenzen beim Personal zu berücksichtigen. Zu empfehlen ist die Bildung von Arbeitsgruppen, in denen alle beteiligten Verwaltungsbereiche vertreten sind. Von Anfang an sollten Haushaltsmittel sowohl für Sofortmaßnahmen als auch für das weitere Vorgehen bereit gestellt werden.

Betriebspersonal

### Schritt 3: Der Energiecheck

Der Energiecheck dient der groben Bestandsaufnahme und Bewertung der Abwasseranlage. Bei einem hohen Energieverbrauch kann daraus die Notwendigkeit einer detaillierten Energieanalyse abgeleitet werden.

Mit dem Energiecheck  
Defizite erkennen.

Von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) liegt ein Arbeitsblatt „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen“ (DWA-A 216) vor, das als technische Regel zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen eingesetzt werden kann.

Im Rahmen eines Energiechecks sind folgende Jahreskennwerte zu ermitteln:

#### Kläranlage allgemein:

- Gesamtstromverbrauch
- Stromverbrauch der Belüfter

#### Kläranlagen mit Faulung:

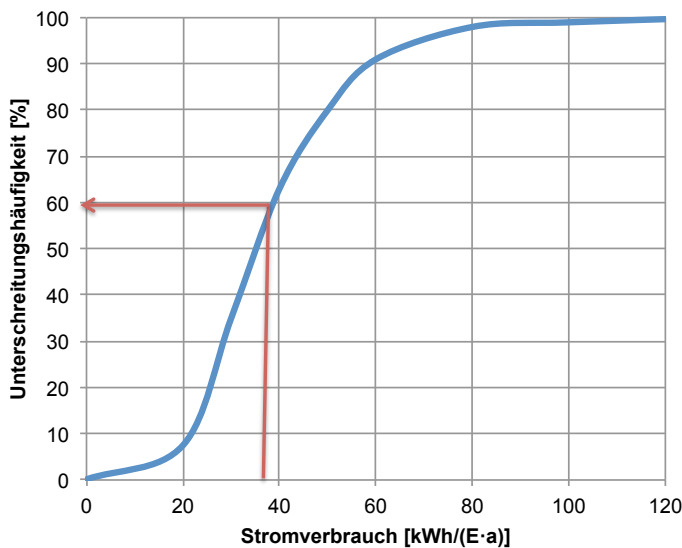
- Faulgasproduktion
- Wirkungsgrad der Eigenstromerzeugung
- Eigenversorgungsgrad Strom
- Externer Wärmebezug

#### Pumpstationen im Kanalnetz:

- Spezifischer Stromverbrauch bezogen auf Förderhöhe und Fördermenge

Für jeden dieser Kennwerte sind im Arbeitsblatt DWA-A 216 Vergleichswerte deutscher Kläranlagen und Pumpstationen zu finden, mit denen die Effizienz der eigenen Anlage oder Anlagenbereiche beurteilt werden kann.





Der Stromverbrauch ist auf die mittlere Anlagenbelastung bezogen.

Abb. 24: Stromverbrauch von Kläranlagen (10.000 bis 100.000 E), nach DWA-A 216

Weist zum Beispiel eine kommunale Kläranlage einen Stromverbrauch von 37 kWh/(E-a) auf, so ist aus dem vorstehenden Diagramm abzulesen, dass rund 60 % der deutschen Kläranlagen einen günstigeren Gesamtstromverbrauch erreichen. Bei einem solchen Kennwert kann vermutet werden, dass ein Energieeinsparpotenzial auf der Kläranlage vorhanden ist.

Der Stromverbrauch einer Kläranlage errechnet sich aus dem Strombezug (Rechnung des Energieversorgungsunternehmens) und der Eigenstromerzeugung.

Der Energiecheck kann durch das Betriebspersonal durchgeführt werden. Er ist regelmäßig in Verbindung mit einer aktualisierten Zielsetzung und der Sicherstellung von Zuständigkeit und Finanzen zu wiederholen. So können beispielsweise Änderungen des Stromverbrauchs zeitig erkannt und die Wirkung durchgeführter Optimierungsmaßnahmen überprüft werden. Zudem entwickelt das Personal durch die regelmäßige Ermittlung der Energiedaten ein Gespür für die energetischen Zusammenhänge bei den Abwasseranlagen.



Abb. 25: Betriebspersonal bei Korrekturmaßnahmen zur Anlagenoptimierung

Externe  
Fachleute

### Schritt 4: Die Energieanalyse

Die Energieanalyse hat die energetische Anlagenverbesserung unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Anforderungen zum Ziel. Sie besteht aus einer systematischen, detaillierten Erhebung und Bewertung der Energiesituation und beschreibt die Maßnahmen zur Energieoptimierung mit Darstellung der Wirtschaftlichkeit.

Die Energieanalyse sollte von externen Fachleuten erstellt werden, die nicht in den routinemäßigen Betrieb eingebunden sind. Nur so können sich ständig wiederholende, eingefahrene Prozesse mit Optimierungspotenzial aufgedeckt werden.

#### Anforderungen an die externen Berater

Erfahrungen in Konstruktion, Planung und Betriebsoptimierung von Abwasserbehandlungsanlagen sind insbesondere in folgenden Bereichen notwendig:

- mechanische und biologische Abwasserreinigung
- Schlammbehandlung
- Maschinenteknik
- Hydraulik
- Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Energietechnik

Fachkundige Ingenieure erstellen Energieanalysen.

Werden Ingenieurbüros mit der Durchführung der Energieanalyse beauftragt, sind zumindest die Referenzen des Büros im Bereich der Kläranlagenplanung, sowie der durchgeführten Energieanalysen zu prüfen.

Die Mindestanforderungen an eine Energieanalyse sind im Arbeitsblatt DWA-A 216 beschrieben:

#### Umfang und Leistung einer Energieanalyse

- Bestandsaufnahme (Ortsbegehung, Auswertung der Betriebstagebücher, Plausibilitätsprüfung der ermittelten Kennwerte)
- Überrechnung der vorhandenen Anlagen
- Aufstellung einer schlüssigen, vollständigen Energieverbrauchermatrix mit Plausibilitätsprüfung
- Modellierung einer anlagenspezifischen Idealanlage unter Berücksichtigung nicht veränderlicher, anlagenspezifischer Randbedingungen (Einblastiefe, Abwasseranfall, Abwasserzusammensetzung etc.)
- Vergleich der anlagenspezifischen Idealwerte mit denen der Energieverbrauchermatrix und Bewertung der Ergebnisse
- Ableitung von Optimierungsmaßnahmen
- Wirtschaftliche Bewertung der Maßnahmen (Kosten, Energieeinsparung)
- Empfehlung mit zeitlicher Gliederung zur Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen
- Zusammenfassung der Ergebnisse

### Schritt 5: Umsetzung der Energieanalyse

Die mit der Energieanalyse ermittelten Optimierungsmaßnahmen werden durch das Betriebspersonal oder ausführende Firmen umgesetzt. Zur Unterstützung des Betreibers sind gegebenenfalls Fachplaner hinzuzuziehen.

Betriebspersonal  
und externe  
Fachleute

### Schritt 6: Überprüfung der umgesetzten Maßnahmen

Nach Umsetzung der Maßnahmen ist erneut ein Energiecheck vom Betriebspersonal durchzuführen, mit dem eine Bewertung und eventuell notwendige Korrekturen der durchgeführten Maßnahmen erfolgen können.

Betriebspersonal



Abb. 26: Die energetisch optimierte Kläranlage Starnberger See

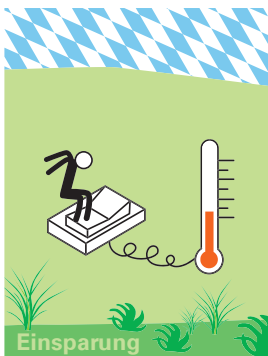
## 5.3 Der Energie-3-Sprung bei Abwasseranlagen

### 5.3.1 Wie funktioniert's ?

Eine umfassende energetische Verbesserung von Anlagen ist mit dem Energie-3-Sprung möglich:

- Einsparung von Energie
- Effizienzsteigerung
- Ersatz fossiler Energieträger

Konkrete Maßnahmen aus allen drei Bereichen können mit Hilfe einer Energieanalyse aufgezeigt werden.



### 5.3.2 Energieeinsparpotenziale

Im Rahmen von Energieanalysen an Pumpstationen wurden insbesondere zwei Anlagenbereiche zur Stromeinsparung gefunden:

- Steuerungstechnik
- Heizung



Abb. 27: Pumpwerk mit Tauchmotorpumpen

#### Beispiel Unterfranken: Sparen bei Pumpstationen im Kanalnetz

##### Steuerungstechnik

Die Steuerung von Pumpen erfolgt in der Regel über eine Füllstandsmessung im Pumpenschacht. Aus Sicherheitsbedenken wird oft ein sehr niedriger Einschaltpunkt für die Pumpen gewählt. Mit den heutigen sehr sensiblen Füllstandsmessungen und Pumpensteuerungen ist jedoch die Anhebung des Einschaltpunktes möglich, wodurch die Förderhöhe und damit verbunden der Stromverbrauch reduziert wird. Im vorliegenden Fall konnte der Wasserspiegel um 1 m angehoben werden. Dadurch konnten ca. 20 % Strom eingespart werden.

- Investitionen 2.000 €
- Betriebskostensparnis 3.200 €/a
- Stromersparnis 15.800 kWh/a

##### Heizung

13 % des Stromverbrauchs dieser Pumpstation wurde für die Beheizung zum Frostschutz und zur Vermeidung von Kondensatbildung benötigt. Über das gepumpte Abwasser, die Motoren, Schaltschränke und die Schachtwände wird der Pumpstation ausreichend Wärme zugeführt, so dass immer ein Frostschutz gegeben ist. Daher wurde die Heizung abgeschaltet. Für einen ausreichenden Luftaustausch in der Pumpstation wurde eine über Temperatur- und Luftfeuchtemessung gesteuerte Zwangsbelüftung vorgesehen, so dass es auch zukünftig nicht zur Kondensation kommen wird.

- Investitionen 2.500 €
- Betriebskostensparnis 3.000 €/a
- Stromersparnis 15.000 kWh/a

Große Einsparungspotenziale gibt es häufig auch auf Kläranlagen, zum Beispiel wenn überdimensionierte Aggregate betrieben werden, weil Einleiter (Kläranlagenbelastung) weggefallen sind. In den neunziger Jahren wurden außerdem viele Kläranlagen baulich erweitert, die vorhandenen Aggregate aber im Rahmen der Erweiterung oft nicht ersetzt bzw. an die neuen Anforderungen angepasst.

### Beispiel Oberfranken: Sparen bei Belüftung und Rührwerken

#### Austausch des Sandfang-Gebläses

Eine oberfränkische Kläranlage wurde mit einem Sandwäscher ausgerüstet. Dies machte die intensive Belüftung des Sandfangs entbehrlich. Die Luftmenge und die Leistungsaufnahme des Sandfanggebläses konnten damit um ca. 50 % reduziert und das Sandfanggebläse gegen ein kleineres Aggregat ausgetauscht werden. Ergebnis ist eine schnelle Amortisierung einer relativ geringen Investition.

- Ausbaugröße 32.000 E
- Belastung 28.000 E
- Investitionen Sandfang 12.000 €
- Betriebskostensparnis 2.600 €/a
- Stromersparnis 13.000 kWh/a

#### Intervallbetrieb der Rührwerke

Ende der 1980er Jahre wurde die oberfränkische Anlage zur Stickstoffelimination ertüchtigt. Dabei wurden – was damals häufig vorkam – aus heutiger Sicht zu große Rührwerke eingebaut. Um Strom einzusparen, wird als Alternative zum Aggregatstausch ein Intervall-Betrieb der Rührer durchgeführt. Von den zehn Rührern der Kläranlage werden immer zwei abwechselnd abgeschaltet. Das führt ohne jegliche Investition zu deutlichen Betriebskostensparnissen.

- Ausbaugröße 32.000 E
- Belastung 28.000 E
- Investitionen 0 €
- Betriebskostensparnis 3.000 €/a
- Stromersparnis 15.000 kWh/a



Abb. 28:  
Belüfteter Sandfang

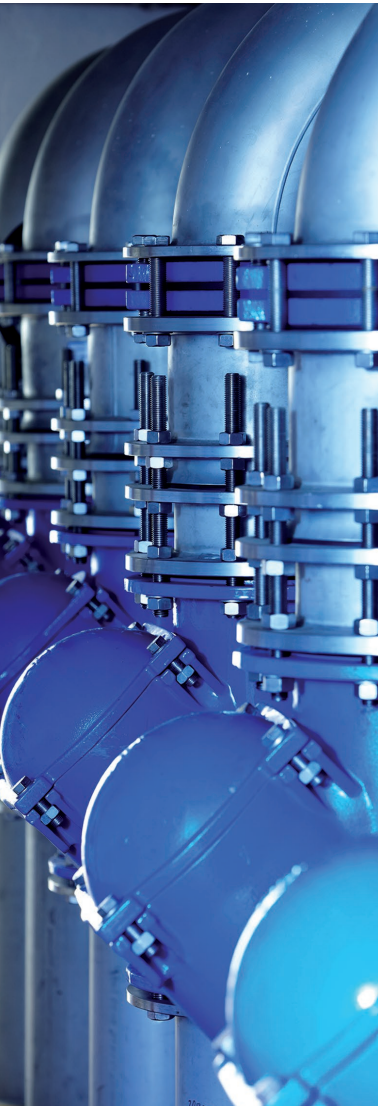


Abb. 29: Druckleitungen einer oberbayerischen Pumpstation

**Beispiel Oberbayern:  
Anpassung der Anlagentechnik an neue Anforderungen**

Eine große Kläranlage in Oberbayern wurde mit einer zweiten biologischen Reinigungsstufe erweitert.

**Rücklaufschlammumpwerk**

Das vorhandene Rücklaufschlammumpwerk und die Steuerung der Aggregate wurden im Rahmen der Erweiterung zunächst nicht angepasst. Erst in einer späteren Anlagenoptimierung wurden die Rücklaufschlammumpen gegen steuerbare Pumpen ausgewechselt.

- Ausbaugröße 110.000 E
- Belastung 80.000 E
- Investitionen 113.000 €
- Betriebskostensparnis 13.700 €/a
- Stromersparnis 68.700 kWh/a

**Gebälse**

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei Gebläsen und Druckluftleitungen dieser Kläranlage, die für die heutigen Anforderungen deutlich zu groß waren und zudem Leckagen aufwiesen. Einige der vorhandenen Gebläse wurden gegen kleinere, steuerbare und betriebssichere Aggregate ausgewechselt. Gleichzeitig wurde das undichte Druckluftsystem saniert.

- Ausbaugröße 110.000 E
- Belastung 80.000 E
- Investitionen 180.000 €
- Betriebskostensparnis 70.000 €/a
- Stromersparnis 465.000 kWh/a

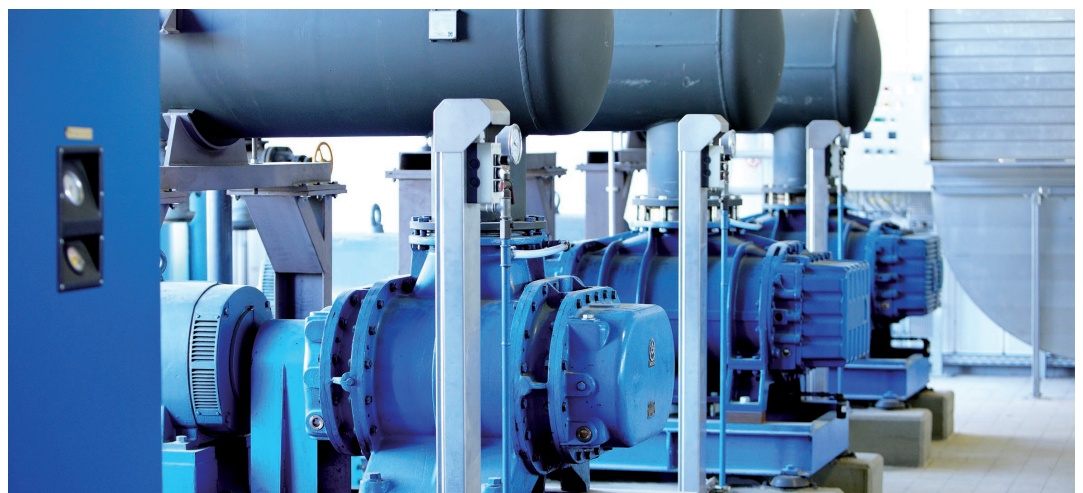
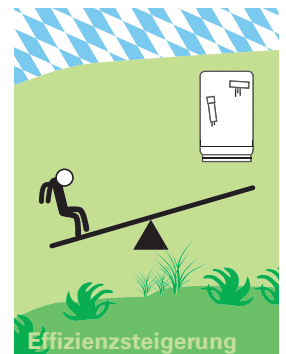


Abb. 30: Gebläsestation einer oberbayerischen Kläranlage

### 5.3.3 Effizienzsteigerung

Auf Kläranlagen und in Pumpstationen werden in der Regel hochwertige Industriemaschinen eingesetzt, die teilweise über 20 Jahre betrieben werden können. In den letzten Jahren wurden insbesondere Elektromotoren und Pumpen weiterentwickelt und verbessert. Während früher Pumpen einen Gesamtwirkungsgrad von 40 bis 50 % hatten, sind heute Wirkungsgrade von 55 bis 65 % problemlos zu erreichen.

Da die Energiekosten rund 80 % der Lebenszykluskosten einer Pumpe ausmachen, aber die Investitionen lediglich 10 %, ist der Austausch mit energieeffizienten Motoren in der Regel wirtschaftlich. Erfahrungen der Energieanalysen zeigen, dass oftmals ohne eine Anhebung der Abwassergebühren eine neue, wartungsfreundlichere Maschine eingebaut werden kann, die zusätzlich einen weitergehenden Umweltschutz garantiert.



Potenziale zur Effizienzsteigerung sind oft bei Pumpen und Elektromotoren zu finden.



Abb. 31: Zulaufhebwerk einer Kläranlage

#### Beispiel Niederbayern: Austausch von Pumpen

Die Zulaufpumpen einer niederbayerischen Kläranlage mit einer Abwasserförderung von durchschnittlich 2.700 m<sup>3</sup> pro Tag wurden gegen steuerbare, energieeffiziente und betriebssichere Pumpen ausgewechselt. Damit konnte der Gesamtwirkungsgrad der Pumpen durch den Austausch der Motoren von ca. 40 % auf 56 % angehoben werden.

- Ausbaugröße 16.000 E
- Belastung 15.500 E
- Investitionen 75.000 €
- Betriebskostensparnis 7.400 €/a
- Stromersparnis 37.000 kWh/a

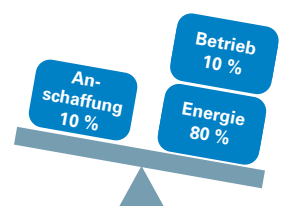
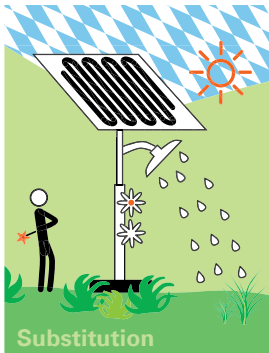


Abb. 32: Lebenszykluskosten



### 5.3.4 Ersatz fossiler Energieträger

#### Verfahrensumstellung zur Faulgasproduktion

Im Idealfall kann auf Kläranlagen fast der gesamte Energieverbrauch durch die Umwandlung von im Abwasser enthaltener Bioenergie zu Strom gedeckt werden. Doch viele Kläranlagen erreichen diese Werte schon deswegen nicht, weil sie als simultane Schlammstabilisierung betrieben werden. Bei dieser Verfahrenstechnik fällt kein Faulgas zur Stromerzeugung an. Durch eine verfahrenstechnische Umstellung solcher Anlagen auf das Belebtschlammverfahren kann das nun anfallende Faulgas zur Stromerzeugung genutzt werden.



Abb. 33: Niederbayerische Schlammstabilisierungsanlage



Abb. 34: Kleiner Faulbehälter

#### Beispiel Niederbayern: Verfahrenstechnische Umstellung der Schlammstabilisierung

Bei einer niederbayerischen Kläranlage mit Schlammstabilisierung war die biologische Stufe überlastet und daher eine ausreichende Stabilisierung des Klärschlammes nicht mehr möglich.

Durch Umrüstung zu einer Belebtschlammanlage mit externer Schlammfäulung wird das Faulgas nun zur Stromerzeugung genutzt. Neugebaut bzw. installiert wurden ein Faulbehälter sowie ein Blockheizkraftwerk. So konnte eine Kläranlagenerweiterung mit Beckenneubauten vermieden werden. Die Maßnahme war daher trotz der hohen Investitionen wirtschaftlich.

- Ausbaugröße 20.000 E
- Belastung 8.000 E
- Investitionen 780.000 €
- Betriebskostensparnis 28.000 €/a
- Stromersparnis 110.000 kWh/a



### Mehr Strom dank Co-Vergärung

Zur weiteren Steigerung der Gasproduktion können der Faulung einer Kläranlage zusätzliche Energieträger, sogenannte Co-Substrate, zugeführt werden. Co-Substraten sind vergärungsfähige feste oder flüssige Stoffe, wie Fette, Molke oder Küchenabfälle.

Je nach Qualität und Zustand des Materials sind eine Zerkleinerung, eine Anmischung (Aufmischen mit Wasser) und gegebenenfalls eine Hygienisierung vor dem Einbringen in den Faulbehälter erforderlich. Das zusätzlich anfallende Faulgas kann im Blockheizkraftwerk der Kläranlage mitverstromt werden.

Vorteile einer Co-Substratzugabe sind unter anderem:

- zusätzliche Erlöse für die Annahme der Stoffe
- zusätzliche Gas- und Stromproduktion
- minimierte Betriebskosten
- weitergehende Ausnutzung der vorhandenen Anlagenteile

Bei der Mitbehandlung von Co-Substraten sind verschiedene Gesetzesgrundlagen zu berücksichtigen. Einen ersten Überblick gibt die Broschüre des Bayerischen Landesamtes für Umwelt „Co-Vergärung auf kommunalen Kläranlagen“.

Co-Substrate steigern die Faulgasproduktion.

#### Beispiel Oberbayern: Aus Industrieabfall wird Faulgas

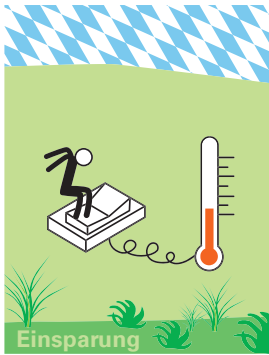
Eine oberbayerische Kläranlage hat freie Faulraumkapazität und nimmt als Co-Substrate unstabilierten Klärschlamm einer benachbarten Kläranlage und ein Glycol-Wassergemisch aus einem Industriebetrieb an. Die gesamte Annahmemenge, die direkt in die Faulung gepumpt wird, beträgt mit rund 4.300 m<sup>3</sup>/a rund 10 % der eigenen Faulschlammmenge. Die Faulgasproduktion erhöht sich um 25 %.

- Ausbaugröße 90.000 E
- Belastung 65.000 E
- Investitionen keine
- Betriebskostensparnis 72.000 €/a
- zusätzliche Stromerzeugung 420.000 kWh/a



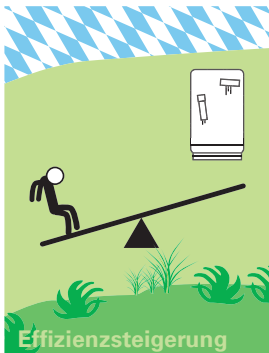
Abb. 35: Blockheizkraftwerk

## 6 Fazit



Bayerische Gemeinden und Städte können durch Nutzung der energetischen Potenziale ihrer Abwasseranlagen und kommunaler Einrichtungen einen sinnvollen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz leisten. Zusätzlich werden sie damit auch ihrer Vorbildfunktion gegenüber Privathaushalten und Kleinverbrauchern gerecht, die in Bayern etwa für die Hälfte des Energieverbrauchs verantwortlich sind.

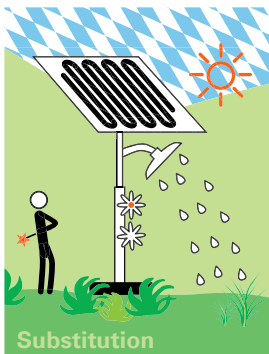
Die gesetzlich übertragene Aufgabe der Abwasserbeseitigung soll für die Kommunen nicht nur eine lästige Pflicht sein, sondern bietet auch Gestaltungsmöglichkeiten. Häufig können durch die energetische Optimierung der Abwasseranlagen und Nutzung der Energie im Abwasser zusätzlich Kosten zu Gunsten der Gebührenzahler gespart werden. Abwasseranlagen sind in vielen Fällen der größte Energieverbraucher einer Kommune.



Der „Energie-3-Sprung“, bestehend aus

1. Einsparung von Energie,
2. Effizienzsteigerung und
3. Ersatz fossiler Energieträger (Substitution),

eignet sich ideal zur Umsetzung bei Abwasseranlagen.



Eine grobe Bestandsaufnahme und energetische Bewertung der Abwasseranlagen kann das eigene Betriebspersonal mit dem Energiecheck vornehmen. Auf dieser Grundlage kann man feststellen, ob sich eine genaue Energieanalyse durch externe Fachleute lohnt. Die Analysen der letzten Jahre zeigen, dass langfristig der Energiebezug durch Einsparungen, Effizienzsteigerungen sowie weitgehender Faulgasverstromung im Mittel etwa halbiert werden kann.

Mit Hilfe von Energiekarten kann die Kommune sehr einfach prüfen, ob eine Nutzung der Abwasserwärme in der Kanalisation in Frage kommt. Bei größeren Abflüssen und geeigneten Wärmeabnehmern in der Nähe lässt sich das Abwasser auch auf diese Weise als regenerative Energiequelle nutzen.

Der energieoptimierte Betrieb der Abwasseranlagen aber auch anderer kommunaler Einrichtungen und Liegenschaften ist oft ein weitgehend unberücksichtigtes Handlungsfeld. Für die energieoptimierte Bewirtschaftung insbesondere von Schulen, Kindergärten und Verwaltungsgebäuden hat sich als Instrument das Kommunale Energiemanagement (KEM) bewährt. Zentrales Element ist die regelmäßige Erfassung von Verbrauchsdaten, die dann zu Kennwerten umgerechnet werden. Die Auswertung dieser Kennwerte ermöglicht es, Stärken und Schwachstellen zu identifizieren. Eventuell kann durch sofort umsetzbare Maßnahmen der Energiebedarf gesenkt werden. Andernfalls sind vertiefende Analysen der Weg, um unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten die wirkungsvollsten Verbesserungsmaßnahmen zu ermitteln.

Weiterführende Informationen, wie sich Kommunen bei der Energiewende und beim Klimaschutz engagieren können sowie nachahmenswerte Praxisbeispiele bietet der [Energie-Atlas Bayern](#).

## Anhang

### Weiterführende Literatur

Arbeitsblatt DWA-A 216, 2015: Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Dezember 2015

Christ, O., Mitsdoerffer, R., 2010: 38. Duschen ist wie Heizen bei offenem Fenster – die Abwasserwärmenutzung macht Schluss mit der Verschwendung; Abwassertechnisches Seminar; Hrsg. H. Horn, F. W. Günther; Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, München, 2010; S. 111–132

Christ, O., Mitsdoerffer, R., 2012: Abwasserwärmenutzung: ein Mosaikstein zur Energiewende am Beispiel einer Anlage in Straubing; Wasser und Abfall; Springer Vieweg, Wiesbaden, 5/2012, S. 2–5

Fricke, K., 2009: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen; Hrsg.: Umweltbundesamt; Dessau, 10/2009

Energie in Abwasseranlagen – Handbuch NRW, 2. vollständig überarbeitete Fassung, 2018, Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Lang, J., Koschorrek, A., Schöninger, T., 2012: Kompendium Abwasserwärmenutzung; aktualisierte Loseblattsammlung; ISBN 978-3-00-036357-3; Dialog Werbeagentur; 15.04.2012

Merkblatt DWA-M 114, 2020: Energie aus Abwasser – Abwasserwärmenutzung; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef; April 2020

Mitsdoerffer, R., Christ, O., 2011: Möglichkeiten zur Nutzung der Abwärme aus der Abwasserbehandlung; Gewässerschutz Wasser Abwasser; Band 223; Aachen, 2011; S. 6/1–6/15

ÖWAV-Arbeitsbehelf 65: Energetische Nutzung des thermischen Potenzials von Abwasser, Wien 2021

Schinnerl, D., Bucar, G., Piller S., Unger F., 2007: AbwasserWärmeNutzung – Leitfaden zur Projektentwicklung; Hrsg.: Grazer Energieagentur GmbH, Berliner Energieagentur GmbH 12/2012

Servicestelle Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik (Difu), 2012: Praxisbeispiele zum Klimaschutz in der kommunalen Abwasserbehandlung, Köln, 2012

Ziegler, C. (Hrsg.), 2011: Energie aus Abwasser; GWF-Reihe Praxiswissen Band III; ISBN-10: 3835632639; Oldenbourg Industrieverlag; 23.12.2011

## Weitere Arbeitshilfen der bayerischen Umweltverwaltung

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Energieeffizienz bei Planung und Betrieb von Anlagen – Arbeitshilfe,

download: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00093.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00093.htm), 2012

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit et. al: Leitfaden zur Erstellung eines Energienutzungsplanes,

download: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmug\\_klima\\_00003.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmug_klima_00003.htm), 2011

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen,

download: [https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00054.htm](https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00054.htm), 2008

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Energieeffizienz in Schwimmbädern – Klima schützen – Kosten senken; Leitfaden lfu\_klima\_00081,

download: [https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00081.htm](https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00081.htm), 2012

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Energie-Atlas Bayern – Routenplaner für Ihre Energiewende,

download: <https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/07000109.htm>, 2021

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Co-Vergärung auf kommunalen Kläranlagen

download: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_abfall\\_00181.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_abfall_00181.htm), 2011

Optimierungsansätze für kostengünstiges und energieeffizientes Bauen

download: [https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00194.htm](https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00194.htm), 2021

## Förderprogramme

### Förderprogramme des Freistaates Bayern

Bayerisches Modernisierungsprogramm (BayModR): vergünstigte Darlehen für energetische Investitionen

### Förderprogramme des Bundes

Erneuerbare Energien – Standard (KfW): vergünstigte Darlehen für energetische Investitionen

Umweltinnovationsprogramm (UIP) (BMUB-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben – Investitionsprogramm zur Verminderung von Umweltbelastungen, KfW-Programm 230)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“

## Ansprechpartner Wasserwirtschaftsämtter (WWA)

WWA Ansbach  
Dürnrerstraße 2, 91522 Ansbach  
Tel. 0981 9503-0, Fax 0981 9503-210

WWA Aschaffenburg  
Cornelienstraße 1, 63739 Aschaffenburg  
Tel. 06021 5861-0, Fax 06021 5861-840

WWA Bad Kissingen  
Kurhausstraße 26, 97688 Bad Kissingen  
Tel. 0971 8029-0, Fax 0971 8029-299

WWA Deggendorf  
Detterstraße 20, 94469 Deggendorf  
Tel. 0991 2504-0, Fax 0991 2504-200

WWA Donauwörth  
Förgstraße 23, 86609 Donauwörth  
Tel. 0906 7009-0, Fax 0906 7009-136

WWA Hof  
Jahnstraße 4, 95030 Hof  
Tel. 09281 891-0, Fax 09281 891-100

WWA Ingolstadt  
Auf der Schanz 26, 85049 Ingolstadt  
Tel. 0841 3705-0, Fax 0841 3705-298

WWA Kempten  
Rottachstraße 15, 87439 Kempten  
Tel. 0831 52610-0, Fax 0831 52610-216

WWA Kronach  
Kulmbacher Straße 15, 96317 Kronach  
Tel. 09261 502-0, Fax 09261 502-150

WWA Landshut  
Seligenthalerstraße 12, 84034 Landshut  
Tel. 0871 8528-0, Fax 0871 8528-119

WWA München  
Heßstraße 128, 80797 München  
Tel. 089 21233-03, Fax 089 21233-2606

WWA Nürnberg  
Allersberger Straße 17/19, 90461 Nürnberg  
Tel. 0911 23609-0, Fax 0911 23609-101



WWA Regensburg  
Landshuter Str. 59, 93053 Regensburg  
Tel. 0941 78009-0, Fax 0941 78009-222

WWA Rosenheim  
Königstraße 19, 83022 Rosenheim  
Tel. 08031 305-01, Fax 08031 305-179

WWA Traunstein  
Rosenheimer Str. 7, 83278 Traunstein  
Tel. 0861 70655-0, Fax 0861 13605

WWA Weiden  
Am Langen Steg 5,  
92637 Weiden in der Oberpfalz  
Tel. 0961 304-499, Fax 0961 304-400

WWA Weilheim  
Pütrichstraße 15, 82362 Weilheim  
Tel. 0881 182-0, Fax 0881 182-162







Eine Behörde im Geschäftsbereich  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz

