

#KLIMAHACKS

MACH DEIN PROJEKT: ENERGIEAUTARKE KLÄRANLAGE

*Energie-
und Ressourcen-
effizienz*



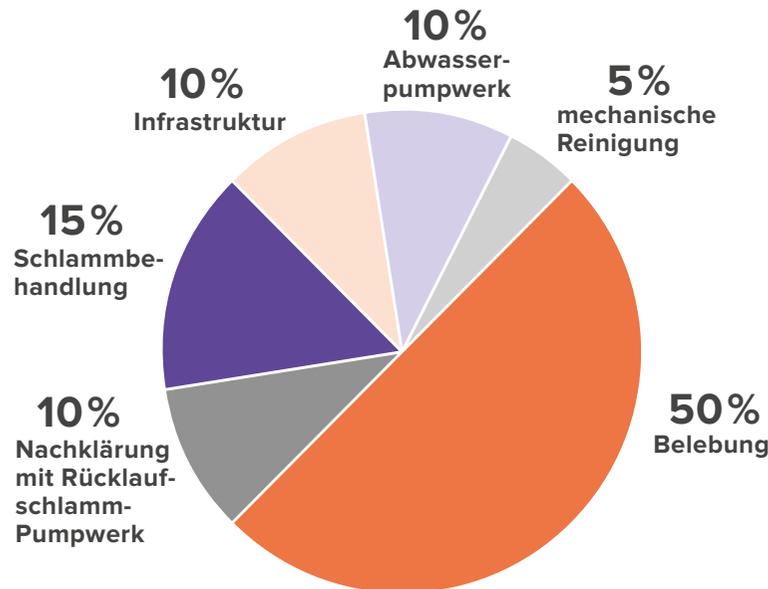
VOM STROMFRESSER ZUM ENERGIEPRODUZENTEN

Kläranlagen gehören zu den größten Energieverbrauchern Deutschlands. Die knapp 10.000 kommunalen Kläranlagen verbrauchen etwa 4.400 Gigawattstunden Strom pro Jahr, was in etwa der Menge entspricht, die ein typisches Steinkohlekraftwerk produziert. Damit hat die Abwasserwirtschaft oft nicht nur den größten Anteil an der kommunalen Stromrechnung – noch vor Schulen und Krankenhäusern – sondern ist mit jährlich rund drei Millionen emittierten Tonnen CO₂ auch ein wichtiger Hebel für den kommunalen Klimaschutz. Dabei können große Potenziale gehoben werden: zum einen können vorhandene Anlagen energetisch optimiert werden, zum anderen können die im Arbeitsprozess entstehenden Faulgase selbst zur Energieerzeugung genutzt werden und fossile Energieträger bei der Strom- und

Wärmeversorgung als erneuerbare Energien ersetzen. Dass das nicht nur in der Theorie funktioniert, beweisen bereits einige Kommunen, deren Anlagen mindestens genauso viel Energie produzieren wie sie benötigen und damit die Bezeichnung energieautark verdienen.

Leider konnten sich diese großen Potenziale bisher noch nicht in der Entwicklung des bundesweiten einwohnerspezifischen Gesamtverbrauchs niederschlagen, der von 2011 bis 2017 nur um ca. 1,1 Prozent jährlich zurückging. Dabei zeigen die Best-Practice-Beispiele: Die Optimierung der Abwasserwirtschaft in beide Richtungen – Energieverbrauch und Energieproduktion – kann nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern auch langfristig Kosten senken. /

ANTEILE AM GESAMTENERGIEVERBRAUCH



Quelle: Bayerische Staatsregierung, Energieatlas Bayern, <https://t1p.de/aada9>, eigene Darstellung

Die Abwasserwirtschaft

ist in der Regel der größte Energie-Einzelverbraucher in Kommunen.

(UBA, <https://t1p.de/fanf1>)

Der Energieverbrauch

pro Einwohner konnte seit 2011 jährlich um nur etwa 1 % gesenkt werden.

(UBA, <https://t1p.de/fanf1>)

97 %

der Bevölkerung sind an die kommunale Abwasserentsorgung angeschlossen.

(Statistisches Bundesamt, <https://t1p.de/xwhhu>)

10.000

kommunale Kläranlagen.

(UBA, <https://t1p.de/771z0>)

20 %

Einsparpotenzial ergibt sich allein durch den Einsatz effizienterer Technik und der Einführung eines Energiemanagements.

(UBA, <https://t1p.de/771z0>)

Rund 1 Mio.

CO₂ werden pro Jahr durch die Abwasserwirtschaft in Deutschland ausgestoßen.

(UBA, <https://t1p.de/2zvbl>)



WEITERFÜHRENDE LINKS

Umweltbundesamt (2021). Klimaschutz- und Energieeffizienzpotenziale in der Abwasserwirtschaft – aktueller Stand und Perspektiven (Abschlussbericht): <https://t1p.de/jxbm2>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2015). Leitfaden Energieeffizienz auf Kläranlagen Energiepolitik: <https://t1p.de/jgkmc>



PODCAST

Der Podcast „Abwassertalk“ behandelt das Thema Abwasserbehandlung. In Folge 72 wird besprochen, wie Kläranlagen klimaneutral werden können: <https://t1p.de/jdhcm>



VIDEO

Eine detaillierte Einführung in die Funktionsweise einer Kläranlage bietet der YouTube-Kanal eco center: Die Abwasserreinigung – Funktionsweise (eco center): <https://t1p.de/vluxq>

Unabhängigkeit in der Energiekrise: Gasgewinnung im Schweinfurter Klärwerk (BR24): <https://t1p.de/z88n9>

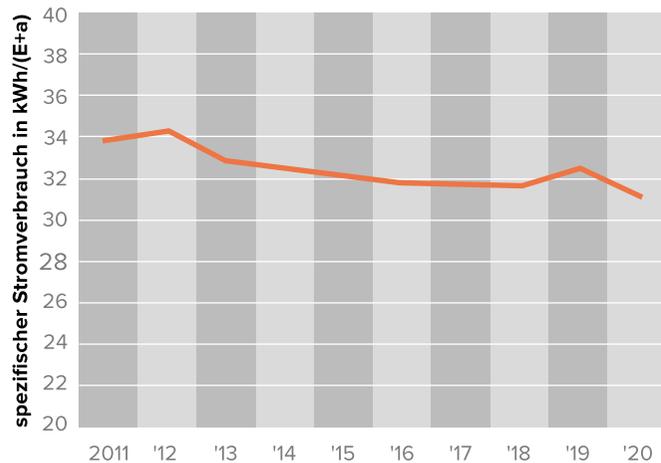
DER WEG ZUR ENERGIEAUTARKIE

Auf dem Weg zur Energieautarkie sollten die Erfassung der Energieverbräuche sowie ein gutes Monitoring erste Schritte sein, um Transparenz über die Großverbraucher einer Kläranlage zu schaffen. Diese liegen insbesondere in der biologischen Hauptreinigungsstufe, die allein ca. 50 Prozent des Energieverbrauchs der Anlage ausmacht. Mit einer effizienten Belüftung, verbesserten Steuerung der Aggre-

gate und Einsatz von Motoren und Pumpen der höchsten Energieeffizienzklasse ist hier eine durchschnittliche Strom-einsparung von 20 Prozent, entsprechend ca. 600.000 Tonnen CO₂-Emissionsminderung pro Jahr für alle Kläranlagen realistisch. Die Verwertung des Faulgases spielt dabei eine zentrale Rolle, denn durch eine optimierte Faulgasgewinnung und -verwertung können die Kläranlagenbetreiber

die Selbstversorgung mit Strom verdoppeln und damit die CO₂-Einsparung zusätzlich reduzieren. Zur weiteren Steigerung der Gasproduktion können der Faulung sogenannte Co-Substrate wie Fette, Molke oder Küchenabfälle aus anliegenden Betrieben zugeführt werden. Das zusätzlich anfallende Faulgas kann im Blockheizkraftwerk der Kläranlage mitverstromt werden. /

ENTWICKLUNG DER SPEZIFISCHEN STROMVERBRÄUCHE VON 2011 BIS 2020

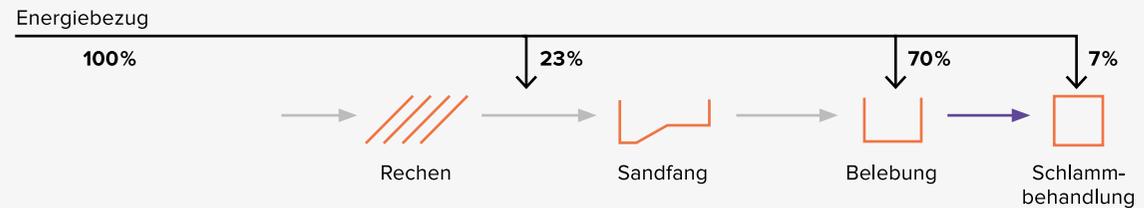


Der Rückgang des Gesamtverbrauchs aller bundesdeutschen kommunalen Kläranlagen ist maßgeblich auf eine Steigerung der Energieeffizienz zurückzuführen. So sank der einwohnerspezifische Gesamtverbrauch der Anlagen von 34,0 kWh/(E*a) im Jahr 2011 ebenfalls kontinuierlich auf 31,8 kWh/(E*a) im Jahr 2017 um rund 6,5 Prozent bzw. im Mittel etwa 1,1 Prozent ab.

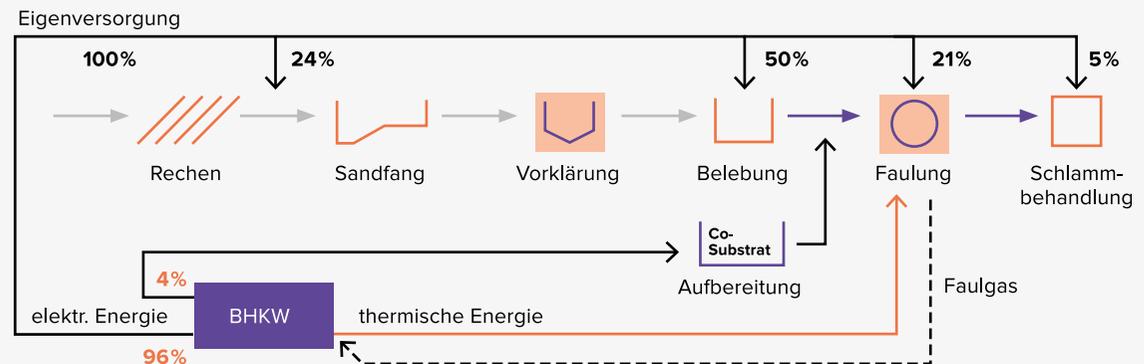
Quelle: DWA 2022, 33. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen – Entwicklung des Stromverbrauches, <https://t1p.de/4v2ly>, eigene Darstellung

BETRIEB EINER ENERGIEAUTARKEN KLÄRANLAGE

Kläranlagenbetrieb mit aerober Schlammstabilisierung



Energieautarker Kläranlagenbetrieb mit aerober Schlammstabilisierung und Co-Vergärung

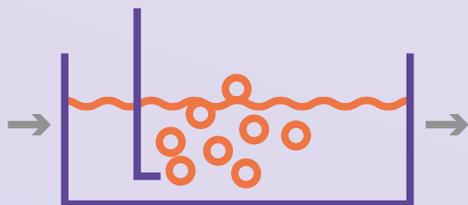


Quelle: Hochschule Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement- IfaS, 2018, Roadshow Nachhaltige Entwicklung – Energieautarke Kläranlage, <https://t1p.de/p5mht>, eigene Darstellung

DIE GRÖSSTEN POTENZIALE IM DETAIL

BIOLOGISCHE REINIGUNG

Bei der Reinigung des Abwassers wird das Belebtschlammverfahren am häufigsten eingesetzt. Dabei reinigen Mikroorganismen, der sogenannte Belebtschlamm, das Abwasser weitestgehend von organischen Verunreinigungen. Dazu muss die Biomasse mit Sauerstoff versorgt werden. Dies ist von besonderer Relevanz beim Energieverbrauch der Kläranlage und ist in der Regel mit dem größten Stromverbrauch verbunden. Dabei sind durch Austausch der Belüfter, Optimierung der Belüfteranordnung und Regelung der Belüftung über online-Messung der Ammoniumkonzentration (im Ablauf der biologischen Stufe) unter Umständen mehr als 50 Prozent der Belüftungsenergie (bis zu 10 kWh/EW*a) einsparbar. Untersuchungen ergaben, dass Maßnahmen zur energetischen Optimierung in der Belebung doppelt so hohe Einsparungen erbrachten wie Energiesparmaßnahmen bei den übrigen Komponenten. Voraussetzung für die dauerhafte energetische Optimierung ist die Schaffung von Transparenz, d.h. Überwachung der größten Stromverbraucher (Gebläsestationen und Pumpwerke) durch Stromzähler und Messung des Druckverlustes der Belüftungseinrichtungen mit Manometern.



SCHLAMMVERWERTUNG

Der bei der Abwasserreinigung in den verschiedenen Reinigungsstufen anfallende Schlamm wird, wie bei den meisten Kläranlagen mit anaerober Schlammbehandlung, in den Faulbehältern ausgefault. Dabei werden die im Schlamm enthaltenen organischen Bestandteile unter Luftabschluss abgebaut und in Methangas, CO₂ und Wasser umgewandelt. Der Gasbestandteil, das sogenannte Klärgas, kann in Blockheizkraftwerken (BHKW) energetisch verwertet werden. Die dabei entstehende thermische Energie kann einerseits die Gebäude beheizen und andererseits mittels eines BHKW zum Trocknen des Klärschlammes nach der Faulung eingesetzt werden, wodurch der Klärschlamm bis zu 2/3 seines Gewichts verlieren kann – angesichts der ausgelasteten Kapazitäten zur Schlammverbrennung ein wichtiger Schritt. Die gewonnene elektrische Energie kann wiederum für den Betrieb der Anlagen eingesetzt und zum kleineren Teil in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden.



CO-VERGÄRUNG

Zur weiteren Steigerung der Gasproduktion können der Faulung einer Kläranlage zusätzliche Energieträger, sogenannte Cosubstrate, zugeführt werden. Cosubstraten sind vergärungsfähige feste oder flüssige Stoffe, wie Fette, Molke oder Küchenabfälle. Das zusätzlich anfallende Faulgas kann im Blockheizkraftwerk der Kläranlage mitverstromt werden. Die Cosubstrat-Zugabe geht dabei mit vielen Vorteilen einher: für die Annahme der Stoffe können Erlöse erzielt werden und die Strom- und Gasproduktion nimmt zu, wodurch Betriebskosten gesenkt werden. Prinzipiell eignen sich Abwasserbehandlungsanlagen ab mittlerer und größerer Größenklasse mit einer Faulungsanlage für die Co-Vergärung, da in kleineren Anlagen entweder keine Faulgasproduktion stattfindet oder die Anlagen nicht über die ausreichende Kapazität verfügen, um eine solche Co-Vergärung wirtschaftlich durchzuführen.



DARUM GEHT ES:

In dieser #Klimahacks-Ausgabe geht es um die Frage, wie Energie bei Kläranlagen eingespart und zugleich produziert werden kann. Der Betrieb von Kläranlagen benötigt große Mengen Energie und verursacht einen entsprechenden Ausstoß von Treibhausgasen. Einerseits kann der Kläranlagenbetrieb optimiert werden, um den Energieverbrauch zu senken und andererseits kann die mit der Anlage produzierte Energiemenge gesteigert und bestmöglich genutzt werden. Im Idealfall deckt die Menge der selbst-erzeugten Energie den Eigenverbrauch, so dass die Anlage energieautark betrieben wird.

Bei der Energieeinsparung haben z.B. die Erneuerung der Anlagentechnik sowie die Optimierung des Betriebs eine große Bedeutung. Ziel der Faulgasverwertung sollte es sein, möglichst viel Strom und Wärme zu produzieren und zugleich die Klärschlammmenge zu reduzieren, für dessen Einbringung z.B. auf landwirtschaftlichen Flächen enge Grenzen gesetzt sind.

Die Potenziale für die Produktion von Strom und Wärme sind groß, sodass Kläranlagen einen wichtigen Beitrag zur Energiewende vor Ort leisten können. /

Know-how-Karte:

Energieautarke Kläranlagen – Beispiele aus der (kommunalen) Praxis

Maßnahmen zur Förderung klimafreundlicher Abwasserbewirtschaftung

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: <https://t1p.de/4zm88>

Klimaschutz und Abwasserbehandlung

Umweltbundesamt – Positionspapier: <https://t1p.de/sba20>

Klärschlamm reduzieren und thermisch verwerten

Kläranlage Koblenz: <https://t1p.de/a42d2>

Co-Substrate aus naheliegender Fleischverarbeitungsbetrieb

Kläranlage Gau-Bickelheim: <https://t1p.de/u5o6g>

Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

Klärschlammheizkraftwerk Walheim: <https://t1p.de/ooy3a>

Co-Vergärung auf kommunalen Kläranlagen

Bayerisches Landesamt für Umwelt: <https://t1p.de/iye8h>

Mit vielen Einzelmaßnahmen zu großen Einsparungen

Kläranlage Markt Peißenberg: <https://t1p.de/x7w6g>



01

SYSTEMATISCHE ERFASSUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS

- Die systematische Erfassung des Energieverbrauchs der einzelnen Anlagenteile, wie z. B. der Rührwerke und des Belüftungssystems, ist der erste Schritt, um Potenziale zur Energieeinsparung zu identifizieren
- Im Bereich der biologischen Abwasserreinigung wird bei der Prozessluftherzeugung am meisten Energie verbraucht
- Die Erneuerung alter energieineffizienter Anlagenteile durch neue energiesparende Technik reduziert den Stromverbrauch erheblich

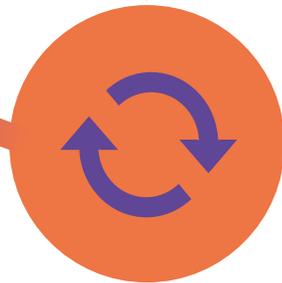
 **Tipp:** Klimaschutz- und Energieeffizienzpotenziale in der Abwasserwirtschaft: <https://t1p.de/txpop>



02

ERNEUERUNG DER BLOCKHEIZKRAFTWERKE

- Ein oder mehrere Blockheizkraftwerke zur Verwertung des Faulgases zur Energieerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung gehört inzwischen zum Standard einer Kläranlage
- Der Austausch durch ein neues hocheffizientes BHKW amortisiert sich in vielen Fällen bereits nach wenigen Jahren



04

NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN DES ERZEUGTEN STROMS

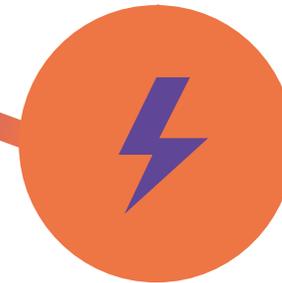
- Der produzierte Strom wird direkt vor Ort für den Betrieb der Abwasserreinigung und der Gebäude genutzt
- Das Aufladen von Dienstfahrzeugen (E-Autos oder E-Bikes) erfolgt ebenfalls mit dem selbst erzeugten Strom
- Weiterer überschüssiger Strom kann in einer Batterie gespeichert und z. B. zum Ausgleich von Bedarfsspitzen genutzt werden

 **Tipp:** Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen - Entwicklung des Stromverbrauches: <https://t1p.de/4v2ly>

03

CO-VERGÄRUNG PRODUZIERT MEHR FAULGAS

- Mit der Beigabe biogener Abfälle zum Klärschlamm in den Faulbehältern, kann die Faulgasproduktion erheblich gesteigert werden
- hygienisierte Speiseabfälle, Fette aus Fettabscheidern oder der Ausstoß aus Molkereien dienen als zusätzliche Nahrungsgrundlage für die faulgasproduzierenden Mikroorganismen



06

WÄRMEVERSORGUNG IM QUARTIER

- Um die Abwärme außerhalb des Betriebsgeländes nutzen zu können, muss sie zu den Abnehmenden mittels wärmedämmter Rohrleitungen transportiert werden
- Sind mehrere Wärmekunden in einem Wärmenetz angeschlossen, wird eine gleichmäßige tägliche sowie saisonale Wärmeabnahme möglich
- Kläranlagen sollten bei der kommunalen Wärmeplanung als potenzielle Standorte für die Wärmeerzeugung berücksichtigt werden



05

ABWÄRME AUS KOMPRESSOREN

- Bei der Prozessluftherzeugung entsteht Abwärme, die zur Wärmeversorgung der Betriebsgebäude genutzt werden kann
- Das Vorkühlen der, den Belebungsbecken zugeführten Luft z. B. durch unterirdische Leitungsführung, erhöht insbesondere im Sommer die Effizienz, da kalte Luft sauerstoffreicher ist als warme und der Klärprozess dadurch beschleunigt werden kann



Tipp Handbuch „Energie in Abwasseranlagen“: <https://t1p.de/8hvb0>

07

KOOPERATION

- Die frühzeitige Kommunikation und die enge Zusammenarbeit zwischen der kommunalen Verwaltung und dem Kläranlagenbetreiber trägt zur Identifikation von Potenzialen zur Energieerzeugung und -nutzung bei
- Durch die eingesparten Energiekosten können auch die Abwassergebühren geringgehalten werden, so dass auch die Bürger*innen von der energieautarken Kläranlage profitieren



Tipp Businessplan Energieautarke Kläranlage: <https://t1p.de/o1kcj>

#KLIMAHACKS

MACH DEIN PROJEKT: ENERGIEAUTARKE KLÄRANLAGE

IMPRESSUM

Herausgeber: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu),
Gereonstr. 18-32, 50670 Köln

Autoren: Björn Weber, Leonard Schulz

Redaktion: Esther Biro

Gestaltung: brandtwerk

Bildnachweise:

Titel: Bild Gebäude: ©Adam Górká/Pixabay,
Bild Ackerfläche: ©Dan Meyers/Unsplash,
Bild Pflanze: ©Toa Heftiba/Unsplash,
Bild Junge Menschen: ©Tima Miroshnichenko/Pexels,
Bild Radfahrer: ©David Fuentes Prieto/Shutterstock,
Bild Ordner: ©Timo Brandt

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Alle Rechte vorbehalten. Köln 2023

Diese Veröffentlichung wird kostenlos abgegeben und
ist nicht für den Verkauf bestimmt.