

Das Energiepotential einer Abwasserreinigungsanlage

Autor(en): **Bühler, Ruedi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und
Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme**

Band (Jahr): **38 (1981)**

Heft 11

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-783971>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

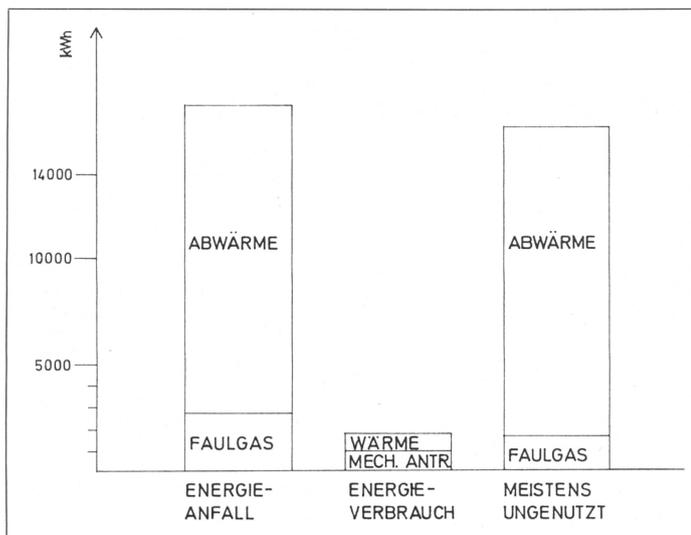


Abb. 3. Energiebilanz eines kalten Wintertages (-5°C Aussentemperatur).

Eine Wärmepumpe entzieht einer kühleren Umgebung Wärme und hebt sie auf ein höheres Temperaturniveau, so dass diese «kalte» Umgebungswärme zu Heizzwecken eingesetzt werden kann. Die Wärmepumpe braucht aber auch mechanische Antriebsenergie. Etwa zwei Drittel der gewonnenen Heizwärme werden der Umgebung entnommen, etwa ein Drittel muss von einem Antriebsmotor (Elektromotor, Gas-, Benzin- oder Dieselmotor) aufgebracht werden. Damit der Verbrauch an mechanischer Energie im Verhältnis zur genutzten Umgebungswärme möglichst klein ist, sollte die Temperatur des Mediums, dem die Umgebungswärme entzogen wird, möglichst hoch sein. Gerade im Winter, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist, sind aber die meisten Umgebungstemperaturen sehr tief. In *Abbildung 1* sind die Temperaturverläufe verschiedener möglicher Wärmequellen für einen Wärmepumpenprozess aufgezeichnet. Die *Abbildung* zeigt, dass das Abwasser als Wärmequelle sehr gut geeignet ist. Gerade im Winter ist seine Temperatur wesentlich höher als die Lufttemperatur oder die Temperatur von Oberflächengewässern. Aus ökologischer Sicht ist das Abwasser als Wärmequelle unproblematisch. Wenn wir dem Abwasser nur so viel Wärme entziehen, dass es nicht unter 4°C und nicht unter die Temperatur des Vorfluters abgesenkt wird, so wird die thermische Belastung des Vorfluters reduziert. Zur Deckung des geringen Wärmebedarfs im Sommer müsste eine minimale Absenkung von etwa $0,5^{\circ}\text{C}$ unter die Temperatur des Vorfluters vorgenommen werden, was nach [5] aus ökologischer Sicht keine Probleme gibt.

Aufgrund von Anfragen bei mehreren ARAs in der Umgebung von Zürich und gemäss den in [5] aufgezeigten Temperaturen des Abwassers und des Vorfluters machten wir für die Wärmeentnahme aus dem Abwasser mittels Wärmepumpe die folgenden konservativen Annahmen: Temperaturabsenkung durch Wärmeentnahme:
 Dezember, Januar, Februar $T = 4^{\circ}\text{C}$
 Oktober, November, März, April $T = 2^{\circ}\text{C}$
 Mai bis September $T = 0,5^{\circ}\text{C}$
 Bei einer Abwassermenge von $300 \text{ l/E} \times \text{d}$ ergibt das für 10 000 Einwohner eine jährliche Wärmemenge von etwa $2\,400\,000 \text{ kWh/a}$.
 In Wirklichkeit wird das Potential des Abwassers wesentlich (bis 100% und mehr) höher sein. Da aber genaue Werte von Anlage zu Anlage verschieden sind und durch Messungen ermittelt werden müssen, haben wir diesen konservativen Wert eingesetzt.

3.4 Verbrauch an Antriebsenergie

Der Gesamtenergieverbrauch für den Antrieb von Pumpen und Gebläsen wurde den Angaben über den Energieverbrauch von 30 Kläranlagen entnommen. Diese Werte schwanken sehr stark. Die Schwankungen können verschiedene Ursachen haben. Der Verbrauch hängt im wesentlichen von folgenden Grössen ab:
 – Auslastung (Dimensionierung) der Anlage
 – Klärverfahren
 – Verfahren für Schlammstabilisierung
 Ohne Berücksichtigung der Extremwerte beträgt der gemittelte Wert der 30 Kläranlagen, umgerechnet auf 10 000 angeschlossene Einwohner:

$Q_{\text{mech}} =$ etwa $350\,000 \text{ kWh/a}$
 Für die Belüftung im Belebtschlammverfahren wurde nach Richtwerten von [2] ein Energiebedarf von etwa $70\,000 \text{ kWh/a}$ ermittelt, das heisst rund 20% des gesamten Bedarfes an mechanischer Energie. Diese Prozentzahl scheint uns etwas tief. Genauere Werte können durch detailliertere Untersuchungen ermittelt werden.

3.5 Wärmebedarf für die Schlammbehandlung

Wie vorher schon erwähnt, nehmen wir für die nachstehenden Berechnungen an, dass die Vorpasteurisation mit der Aufheizung und Impfung des Frischschlammes kombiniert wird. Da das Verfahren aber nicht genau festgelegt ist, haben wir für allfällige Verluste einen Zuschlag von 25% des berechneten Wärmebedarfs gemacht.

Je nach Belastung der Anlage schwankt

- der Schlammanfall pro angeschlossenen Einwohner,
- das Faulraumvolumen pro angeschlossenen Einwohner.

In der nachfolgenden Abschätzung haben wir je den Wärmebedarf für eine hochbelastete Anlage (kleiner Schlammanfall, kleines Faulraumvolumen) und für eine niedrigbelastete Anlage berechnet:

Aufheizen und Pasteurisieren des Frischschlammes (inkl. 25% Verlust)

schwachbelastete Anlage: ca. $250\,000 \text{ kWh/a}$
 hochbelastete Anlage: ca. $150\,000 \text{ kWh/a}$

Warmhalten des Faulraumes bei gut isoliertem Faulraum ($k = 0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$), Mittellandklima

schwachbelastete Anlage: ca. $20\,000 \text{ kWh/a}$
 hochbelastete Anlage: ca. $10\,000 \text{ kWh/a}$
 Total für Schlammbehandlung

schwachbelastete Anlage: ca. $270\,000 \text{ kWh/a}$
 hochbelastete Anlage: ca. $160\,000 \text{ kWh/a}$

3.6 Wärmebedarf für Gebäudeheizung

Wir nehmen an, dass ein Betriebsgebäude von 100 m^2 Grundfläche beheizt werden soll. Das Gebäude sei wärmetechnisch nicht saniert und habe eine Energiekennzahl von $E = 700 \text{ MJ/a}$ (Details zur Energiekennzahl siehe Ref. [4]). Dann ergibt sich:
 Jahreswärmebedarf für Gebäudeheizung ca. $20\,000 \text{ kWh/a}$

4. Energiebilanz an einem kalten Wintertag

Im Winter ist der Eigenverbrauch

an Energie am grössten. Wie sieht die Energiebilanz dann aus? Um diese Frage zu beantworten, haben wir eine Energiebilanz für einen kalten Wintertag berechnet. Dabei haben wir eine Aussentemperatur von -5°C angenommen. Im Mittelland wird diese Temperatur nur während etwa 12 Tagen pro Jahr unterschritten. Die Berechnungen ergeben folgende Resultate:

Energieanfall:
 Faulgas ca. $2\,600 \text{ kWh}$
 Abwärme des geklärten Wassers ca. $14\,000 \text{ kWh}$

Energieverbrauch:
 Antriebsenergie ca. $1\,000 \text{ kWh}$
 Schlammbeheizung ca. $500\text{--}900 \text{ kWh}$
 Gebäudeheizung ca. 200 kWh

5. Beurteilung der Energiebilanz

Im *Kästchen* ist die Jahresenergiebilanz zusammengestellt und in *Abbildung 2* graphisch aufgezeichnet. Für die Schlammbeheizung haben wir dort einen mittleren Energiebedarf von $220\,000 \text{ kWh/a}$ eingesetzt. Zusätzlich wurde in *Abbildung 2* aufgezeigt, welches Energiepotential ungenutzt bleibt, wenn

- das Faulgas nur zu Heizzwecken und
- die Abwärme des geklärten Wassers überhaupt nicht genutzt wird. *Abbildung 3* zeigt die Energiebildung eines kalten Wintertages.

Bei den in den *Abbildungen 2* und *3* gezeigten Wärmebilanzen handelt es sich um berechnete, theoretische Werte. Es wurden zum Teil Annahmen gemacht (z. B. über die Isolation des Faulraumes), die in der Praxis heute nur teilweise erfüllt sind. Die Energiebilanz zeigt aber, dass in einer ARA ein grosses Energiepotential vorhanden ist, welches heute nur zu einem kleinen Teil ausgenutzt ist. Sie ermöglicht folgende Schlüsse:

- In einer ARA werden etwa 50–100% mehr hochwertige Energie (Faulgas) produziert als an Energie benötigt wird. Diese hochwertige Energie wird heute meistens nur bis maximal 20–30% ausgenutzt.
- Auch an einem kalten Wintertag wird mehr hochwertige Energie erzeugt, als die ARA selber an Energie benötigt. Eine ARA könnte also energetisch autark sein und dazu noch hochwertige Energie (Gas, Elektrizität) sowie nutzbare Abwärme abgeben.
- Trotz sehr konservativer Annahmen ist das Potential an Abwärme, das mittels Wärmepumpe genutzt werden könnte, ausser-

ordentlich gross. Mindestens 5 bis 10% des Gesamtwärmebedarfes der an der ARA angeschlossenen Region könnte durch Nutzung der Abwärme des geklärten Wassers gedeckt werden.

6. Möglichkeiten und Grenzen

Die Auswertung von 30 Kläranlagen zeigt, dass die energieautarke ARA in der Praxis nicht realisiert ist:

- Praktisch überall wird die mechanische Antriebsenergie durch Elektrizität aus dem Netz erbracht. In einzelnen Anlagen wird der Einsatz von Faulgasmotoren oder von Totalenergieanlagen studiert.
- Der Verbrauch von elektrischer Energie schwankt von Anlage zu Anlage sehr stark. Es gibt Anlagen, deren Verbrauch an elektrischer Energie pro angeschlossenen Einwohner mehr als das Dreifache des Mittelwertes beträgt.
- Bei etwa 50% aller Anlagen muss im Winter zu Heizzwecken noch Fremdenergie (Öl) bezogen werden, zum Teil in beträchtlichem Ausmass. Nur ganz wenige Anlagen scheinen auch an kalten Wintertagen einen Überschuss an Faulgas zu haben.
- Die Abwärme des geklärten Wassers wird bei einer einzigen Anlage ausgenützt.

Bis heute fehlen detaillierte Untersuchungen, aus denen ersichtlich

wäre, warum das grosse Potential an hochwertiger Antriebsenergie (Faulgas) nur wenig genutzt ist und wie weit dieses Potential in der Praxis genutzt werden kann.

Der wirtschaftlichen Nutzung der Abwärme des geklärten Wassers sind Grenzen gesetzt:

- Die erzeugte Wärme hat eine niedrige Temperatur (bis etwa 55°C). Die angeschlossenen Wärmebezugssysteme sollten daher auf Niedertemperatur ausgelegt sein, oder die Niedertemperatur-Fernwärme muss dezentral zusätzlich aufgeheizt werden können.
- Die Distanzen zwischen Wärmeerzeugung (Wärmepumpe) und Wärmebezugern sollten möglichst klein und die Wärmebezüge möglichst gross sein (Schulanlagen, dichte Grossüberbauungen). Der Grund für diese Forderung liegt in den hohen Kosten der Fernwärmeleitungen. Pro Meter Fernleitung (Distanz) sollte der Wärmebezug grösser als 15 GJ/a sein, damit die Investitionskosten für Wärmeerzeugung und Fernleitung noch in vertretbarer Zeit amortisiert werden können.

7. Konsequenzen

Es gibt keine allgemeingültige Lösung, wie das Energiepotential einer ARA sinnvoll genutzt werden kann. Dazu sind anlagenspezifische Untersuchungen erforderlich. Solche Untersuchungen müssen zeigen:

Jahresenergiebilanz einer ARA von 10 000 Einwohnern

Energieanfall:		
Faulgasproduktion	940 000 kWh entspr.	79 t Öl
Abwärme des geklärten Wassers	2 400 000 kWh entspr.	202 t Öl
Energieverbrauch:		
Antriebsenergie	350 000 kWh entspr.	29 t Öl
Schlammbehandlung	220 000 kWh entspr.	18 t Öl
Gebäudeheizung	20 000 kWh entspr.	2 t Öl

- Wo und wieviel Energie wird in der ARA selber verbraucht.
- Einsparungsmöglichkeiten im Eigenverbrauch.
- Wieviel Faulgas kann produziert werden. Wie können die Bedingungen der Faulgasproduktion verbessert werden.
- Vorschläge für die sinnvollste Verwendung des Faulgases.
- Abwärmepotential des geklärten Abwassers unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Verhältnisse wie Abwasser- und Vorflutertemperatur usw.
- Potential an Wärmebezugern, welche die Abwärme nach den im vorherigen Abschnitt aufgeführten Kriterien wirtschaftlich nutzen könnten.

Eine solche gesamtheitliche Untersuchung sollte der erste Schritt zur besseren Ausnützung des Energiepotentials einer ARA sein. Die Wirksamkeit einzelner Massnahmen kann auf diese Weise diffe-

renziert beurteilt und verschiedene Massnahmen können zu aufeinander abgestimmten Massnahmenpaketen zusammengefasst werden.

Literatur

- [1] *Roediger, H.*, Langzeitbelüftung oder energiestarke Kläranlage, Kommunalwirtschaft 1966, Heft 9.
- [2] *Hosang/Bischof*, Stadtentwässerung, 6. Auflage, Stuttgart 1976.
- [3] *Roediger, H.*, Die anärobe alkalische Schlammfäulung, 3. Auflage, München 1967.
- [4] Bundesamt für Konjunkturfragen, Sanierungshandbuch «Planung und Projektierung» 1980.
- [5] *Brunner, C. U.* et al., Plenar Energie Glattal, Zürich 1979.
- [6] *Nipkon, J.* et al., Wärmepumpen, SES Report Nr. 11, Zürich 1980.



PETER LINK

Dienstleistungen Gewässerschutz

Alle Abwasser-, Schlamm- und Sedimentanalysen. Ausführung nach den Untersuchungsmethoden des Eidgenössischen Departements des Innern, in Spezialfällen der Deutschen Einheitsverfahren oder der US Environmental Protection Agency.

Abwasseranalysen im Abonnement mit individuellen Untersuchungsprogrammen.

Toxizitätsprüfungen mit lebenden Organismen für den aeroben und anaeroben Bereich, inklusive respirometrische Messungen. Simulierung des Belebtschlammverfahrens in Pilot-Kläranlage mit Studium des Abbau- und Schlammverhaltens.

Beratungen, Vorstudien, Durchführbarkeitsstudien, Projektierung, Ausschreibung, Offertvergleich.

Optimierung bestehender Industrieabwasser-Vorbehandlungsanlagen.

Ermittlung von Einwohnerequivalenzen (Kostenverteiler), Erstellung von Abwasserkatastern.

Beratung bei Betriebsschwierigkeiten von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen.

Das Institut ist ein privates Unternehmen ohne Bindung an irgendwelche Lieferanten.

PETER LINK Abwasserlaboratorium/Beratungsbüro

CH-9642 Ebnat-Kappel, Telefon 074 3 22 48, Telex 71 93 37 link ch