

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Band: 74 (1982)
Heft: 5-6

Artikel: Die Kosten der Klärschlammbehandlung in der Schweiz :
Bestandaufnahme und Ausblick

Autor: Henseler, Georg

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941138>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Kosten der Klärschlammbehandlung in der Schweiz

Bestandesaufnahme und Ausblick

Georg Henseler

Zusammenfassung

Aufgrund von Erhebungen und Literaturwerten werden für die in der Schweiz üblichen Verfahrensstufen die spezifischen Investitions- und Jahreskosten aufgezeigt. Für den Planungsraum Schweiz werden die bei Endausbau (6 Mio angeschlossene Einwohner im Jahr 2000) auflaufenden Kosten berechnet. Die Zahlenangaben basieren auf dem Kostenstand 1980. Bei Endausbau wird die Volkswirtschaft durch die Klärschlammbewirtschaftung mit rund 140 Mio Franken Jahreskosten (heute ca. 90 Mio Franken) belastet. In der Übergangszeit sind jährlich 55 Mio Franken zu investieren. Zusätzlich ist mit 42 Mio Franken Betriebskosten zu rechnen. Der Investitionsbestand steigt von heute 560 auf 865 Mio Franken. Die durchschnittlichen spezifischen Jahreskosten betragen 24 Franken pro Einwohner und Jahr. Die einzelnen Verfahrensketten (Lösungsvarianten) liegen zwischen 20 und 37 Franken/Einwohner und Jahr.

Résumé: Les frais de traitement des boues d'épuration – Inventaire et perspectives

Sur la base de données expérimentales et bibliographiques nous avons calculé les frais annuels et d'investissement pour les étapes de procédés les plus répandues en Suisse. Pour l'ensemble de la Suisse, les frais de traitement des eaux usées jusqu'à l'an 2000 ont été calculés pour 6 millions d'habitants. Ces chiffres ont été basés sur ceux de 1980. Les dépenses annuelles futures pour le traitement des boues d'épuration s'élèveront à environ 140 millions de francs suisses. Pendant la période transitoire, les frais d'investissement nécessaires, se montent à 55 millions de francs par an, alors que les frais d'exploitation s'élèvent à 42 millions de francs. Le montant d'investissement actuel de 560 millions de francs augmente à 865 millions de francs. Les frais annuels spécifiques s'élèvent en moyenne à 24 francs par habitant et par an. Les différents procédés (variantes) présentent des frais de 20 à 37 francs par habitant et par an.

Die bisherigen Investitionsentscheide für Schlammbehandlungsanlagen basierten vorwiegend auf Wirtschaftlichkeitsvergleichen und der Landwirtschaft als Endverwerter des Klärschlammes. Heute erfordern veränderte Randbedingungen und neuere Erkenntnisse umfassendere (z.B. anspruchsvolle Kosten/Nutzen-) Untersuchungen. Rein monetäre Vergleiche, wie sie hier vorgestellt werden, sind dann angezeigt, wenn Lösungsvarianten mit ähnlichen Kosten/Nutzen-Relationen zum Vergleich vorliegen. Diese Möglichkeit des Vorgehens wird der Forderung eines kostenwirksamen Einsatzes der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel gerecht. Die nachstehenden Ausführungen zeigen den Kostenaufwand der schweizerischen Volkswirtschaft für die heutige und zukünftige Schlammsorgung auf. Ferner erlauben die vorgestellten Richtwerte eine Abschätzung der Investitions- und Jahreskosten für grossräumige und generelle Studien.

Breites Kostenband

Kostenermittlungen auf einem wenig standardisierten Gebiet, wie es die Kläranlagen, darstellen, können sich nur in

einem breiten Kurvenband niederschlagen. Die Vielzahl der Individuallösungen aufgrund örtlicher Randbedingungen (wie Topographie, Untergrundverhältnisse, Landnutzung) mögen dies verdeutlichen. Erschwerend wirkt ferner, dass eine klare Trennung zwischen Schlammbehandlung und übrige Anlage teilweise schwierig ist. Auch können Lösungsvarianten früherer Jahre infolge veränderten Kostenfunktionen und Zielsetzungen (wie z.B. wachsende Reinigungsanforderungen) nicht unbeschadet vergleichend herangezogen werden. Die vorliegenden Kostenabschätzungen basieren auf Literaturwerten und Erhebungen in schweizerischen ARA mit unterschiedlichen Ausbaugrößen und Auslastungen.

Berechnungsgrundlagen

Im allgemeinen wird zwischen Betriebskosten und Kapitalkosten unterschieden. Die Betriebskosten (BK) können in Abhängigkeit von der gewählten Verfahrenskette und der Ausbaugröße als prozentuale Anteile der jeweiligen Investitionskosten ermittelt werden. Die Kapitalkosten (KK) setzen sich zusammen aus dem Zins auf dem eingesetzten Kapital und den Amortisationskosten. Letztere entsprechen den Ersatzinvestitionen (Gesamtinvestition/Lebensdauer), da ihnen werterhaltende Funktionen zukommen. Bei der Festlegung des Amortisationssatzes gilt zu berücksichtigen, dass das Verhältnis der Bauinvestitionen zu den Maschinen- und Ausrüstungsinvestitionen im Mittel 1:1,5 beträgt. Für die verfahrensabhängigen Bauten wird eine Lebensdauer von 25 Jahren, für Maschinen eine solche von 10 Jahren eingesetzt. Der Amortisationssatz beträgt dann 7,6% der Gesamtinvestition, entsprechend einer mittleren Lebensdauer von rund 13 Jahren. In der Annahme, dass die Abschreibung linear über die Jahre verläuft, kann der Zinssatz auf dem halben Kapital berechnet werden. Diese gebräuchliche Annuitätensmethode ergibt unter den genannten Annahmen einen Kapitaldienst von etwa 10%. Die zum Teil recht unterschiedlichen Subventionsansätze und Kapitalbeschaffungen bleiben unberücksichtigt.

Investitions- und Betriebskosten

Eine Klärschlammbewirtschaftungsvariante setzt sich aus mehreren Verfahrensstufen zusammen. Die spezifischen Investitionskosten (Fr./E) pro Verfahrensstufe bilden die Grundlage der Kostenberechnung. Die aufgeführten Mittelwerte berücksichtigen die Verteilung der ARA-Anlagegrößen in der Schweiz.

Die Vielzahl der Faulanlagen ergibt eine breit abgestützte Kostenbasis. Kleinanlagen (< 5000 E) erfordern Investitionen von 120 Fr./E; bei Grossanlagen reduziert sich dieser Wert auf 38 Fr./E (400 000 E). Gesamtschweizerisch ergibt sich ein Mittelwert von 78 Fr./E.

Für Desinfektionsanlagen liegen Werte für die herkömmlichen Nachpasteurierungsanlagen vor. Je nach Anlagegröße und Verfahren muss mit Investitionskosten zwischen 30 bis 50 Fr./E gerechnet werden. Im Zeitpunkt der Erhebungen konnten noch keine Erfahrungswerte für Vorpasteurierungsanlagen ausgewertet werden.

Die vorhandenen Klärschlammmentwässerungsanlagen verfügen heute vielerorts über eine hinreichende Kapazitätsreserve, um Neuanschlüsse aufzufangen und die Betriebssicherheit zu gewährleisten. Die Erhebungen ergaben spezifische Investitionen zwischen 50 Fr./E für 10 000 E und 16 Fr./E für 200 000 E; das Landesmittel liegt bei 36 Fr./E. Beim bisherigen Stand der Technik und unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen ist der wirtschaftliche Einsatz der Trocknung und Verbrennung

Tabelle 1. Spezifische Jahreskosten in Franken pro Einwohner und Jahr – Richtwerte bei Kostenstand 1980 – unterteilt in 3 ARA-Grössenklassen wobei I kleine ARA < 10 000 Einwohner; II mittlere ARA bis 50 000 Einwohner; III grosse ARA > 50 000 Einwohner; ø gesamtschweizerisches Mittel.

		Betriebskosten				Kapitalkosten (10%)				Jahreskosten ø
		I	II	III	ø	I	II	III	ø	
Faulung	Fr.	4.50	3.50	2.50	3.20	11.—	8.50	6.—	7.75	10.95
Stapelung	Fr.	— .50	— .50	— .50	— .50	4.50	3.50	2.50	3.20	3.70
Desinfektion	Fr.	5.60	4.80	4.50	4.80	5.—	3.80	3.—	3.65	8.45
Entwässerung (30% TR)	Fr.	6.—	4.—	2.50	3.65	6.—	4.—	2.50	3.65	7.30
Trocknung (90% TR)	Fr.		5.—	5.—	5.—		18.—	10.—	14.—	19.—
Verbrennung	Fr.		5.—	5.—	5.—		14.—	9.—	11.50	16.50
Transport	flüssig Fr.	2.—	3.—	4.50	3.55	— .20	— .30	— .50	— .35	3.90
	Kuchen Fr.	1.30	1.60	2.20	1.85	— .30	— .40	— .50	— .40	2.25
	Granulat Fr.	— .80	1.—	1.30	1.10	— .20	— .20	— .30	— .25	1.35
	Asche Fr.	— .45	— .55	— .80	— .60	— .15	— .15	— .20	— .20	— .80
Deponie	Kuchen Fr.									1.50
	Asche Fr.									— .15
Austrag	flüssig Fr.									1.50
	Kuchen Fr.									— .50
	Gran./Asche Fr.									— .30

für grössere ARA prädestiniert. Je nach Verfahren und Anlagegrösse muss durchschnittlich mit Investitionen von 120 Fr./ E (± 25%) gerechnet werden. Gründe für die grosse Streuung sind hauptsächlich die unterschiedlichen Auslastungsgrade der untersuchten Anlagen.

Mit der Klärschlammverordnung wird u.a. ein zeitgerechter landwirtschaftlicher Austrag gefordert, was Stapelmöglichkeiten von bis zu 100 Tagen bedingt. Die Investitionen bewegen sich zwischen 45 Fr./E für ARA < 5000 E und 16 Fr./ E für Anlagen > 200 000 E. Unter Berücksichtigung der ARA-Grössenstrukturen ergibt sich ein gesamtschweizerisches Mittel von 32 Fr./E.

Eine Übersicht über die *Betriebskosten* vermittelt Tabelle 1. Mit steigendem Anteil an Maschineninvestitionen steigen die Betriebskosten. Im Mittel muss mit 40% Bau- und 60% Maschineninvestitionen (inkl. Ausrüstungsinvestitionen) gerechnet werden, wobei die einzelnen Verfahrensstufen grossen Schwankungen unterworfen sind. Als Extremwerte seien genannt die Stapelung (90%/10%) und die Desinfektion (25%/75%). Grössere Maschineninvestitionen zeigen auch in der Betriebskostenstruktur erhöhte Anteile an Energie- und Personalkosten.

Mit Hilfe der Tabelle 1 können für konzeptionelle Studien die Bruttojahreskosten ermittelt werden. Zu diesem Zweck sind die spezifischen Betriebs- und Kapitalkosten der jeweiligen Anlagegrösse zu addieren. Die Summe der einzelnen Stufenkosten, wobei die Anschlussquoten (angeschlossene Einwohner pro Stufe) variieren können, ergeben die gesamten Bruttojahreskosten pro Verfahrenskette. Die Mittelwerte sind schweizerische Durchschnittskosten unter Berücksichtigung der ARA-Grössenverteilung.

Die Belastung der schweizerischen Volkswirtschaft

Zur Abschätzung der zukünftigen volkswirtschaftlichen Belastung werden aufbauend auf dem status quo die Stoffläufe bei Endausbau ermittelt. Die bereits installierten Infrastrukturen im Siedlungswasserbau (Kanalisationen und

ARA) wie die Analyse der heutigen Bewirtschaftungsprobleme zeichnen Lösungswege auf, die eine Korrektur der Endverwertung erwarten lässt. Aufgrund der Stoffflüsse zeigt Bild 1 die Verteilung der Stofffrachten der Endprodukte auf die einzelnen Bewirtschaftungsformen. Es wird dabei vorausgesetzt, dass auch die zukünftige Klärschlambewirtschaftung durch eine Vielzahl dezentraler Lösungen mit unterschiedlichen Verfahrenskombinationen gekennzeichnet ist. Ferner wird grundsätzlich mit einer Verlagerung von der heute verbreiteten landwirtschaftlichen auf eine vermehrte energetische Nutzung (wie Optimierung der Faulung) und Ablagerung gerechnet. Ferner wird angenommen, dass sich die Anschlussquote von heute 70% bis zum Endausbau auf 92% (6 Mio Einwohner) erhöht und mit einer ebenfalls erhöhten spezifischen Einwohnerfracht von 110 g TR pro Einwohner und Tag (heute etwa 100 g TR/Ed) gerechnet werden muss. In einem weiteren Schritt werden aufgrund des Stoffflusseschemas die Anschlussquoten an die Verfahrensstufen festgelegt.

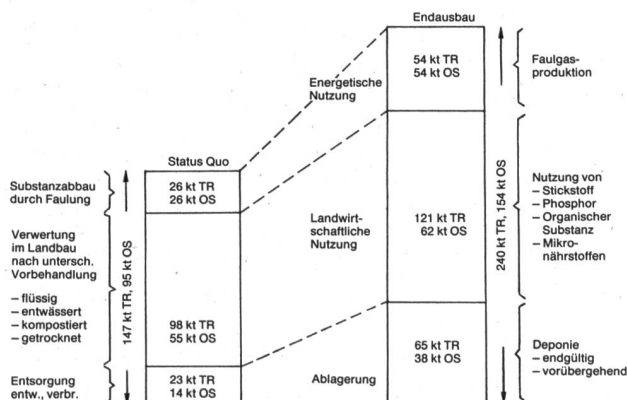


Bild 1. Entwicklung der jährlichen Frischschlammengen bis zum Endausbau sowie die Anteile der Bewirtschaftungsarten in kt Trockenrückstand (TR) und kt organische Substanz (OS).

Mitteilungen

Lufthygiene

Nationales Forschungsprogramm Lufthygiene

Gemäss einem Rahmenkredit des Bundesrates vom 12. November 1980 werden etwa 6 Mio Franken für das Nationale Forschungsprogramm 14, *Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz*, zur Verfügung stehen.

Das Programm hat ein besseres Verständnis der Beeinflussung meteorologisch/klimatischer Vorgänge in der Schweiz zufolge menschlicher Einwirkungen auf die Luftverschmutzung und Luftqualität zum Ziel. Es soll Grundlagen für künftige Planungsentscheide liefern, bei denen Lufthaushalt und Luftverschmutzung auf regionaler Ebene mitberücksichtigt werden müssen.

Mit der Ausschreibung ist im Sommer 1982 zu rechnen. Die Eingabefrist für Forschungsprojekte wird mit Herbst 1982 angegeben. Das Programm soll 1988 abgeschlossen werden.

Auskünfte erteilt: Dr. U. Schmid, Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Wildhainweg 20, 3001 Bern.

Luftreinhaltung bei der Abfallverbrennung

Das Eidgenössische Departement des Innern hat zwei neue Richtlinien über die Luftreinhaltung bei der Abfallverbrennung veröffentlicht. Die eine Richtlinie betrifft *Siedlungsabfälle*, die andere *Sonderabfälle*.

Die beiden Richtlinien zeigen auf, welche Massnahmen nach dem heutigen Wissensstand in der Regel notwendig und mit vertretbarem Aufwand technisch realisierbar sind, um die Belastung der Luft in der Umgebung von Abfallverbrennungsanlagen in annehmbaren Grenzen zu halten. Sie umfassen insbesondere Anforderungen für eine einwandfreie Verbrennung, eine Begrenzung von staub- und gasförmigen Emissionen sowie von Schwermetallen und weitere ergänzende Massnahmen. Dabei wurde auch dem Umstand Rechnung getragen, dass wirtschaftlich tragbare technische Möglichkeiten bereitstehen, um die aus den Verbrennungsgasen abgeschiedenen Schadstoffe weitgehend zu immobilisieren und derart eine Rückverlagerung des Problems aus der Luft in die Gewässer zu verhindern.

Die konsequente Anwendung der Richtlinien im Rahmen der betreffenden Rechtsgrundlagen wird daher eine bedeutende Reduktion der Umweltbelastung durch Abfallverbrennungsanlagen bewirken.

Bundesamt für Umweltschutz
Informationsdienst

Energie

Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal: Fernwärme-Hausstationen im Prüfstand

Nach den eindeutig positiven Kreditbeschlüssen an den vergangenen Wintergemeindeversammlungen der acht am Konsortium «Regionales Fernwärmenetz Unteres Aaretal» Refuna beteiligten Gemeinden sind die Arbeiten zum Bauprojekt im Gange. Die Schwerpunkte der Tätigkeit liegen gegenwärtig im Detailprojekt für die Wärmeauskoppelung im Kernkraftwerk Beznau, in der Trassierung des rund zwanzig Kilometer langen Fernwärmenetzes und in der Festlegung der Ausstattung für die Hausstationen bei den Wärmebezügern.

Unter echten Fernwärmebedingungen erprobt nun die Technische Projektleitung der Refuna derzeit zwei Typen von Kompaktstationen, deren Einbau zukünftig in rund 600 bis 700 Einfamilien- und Zweifamilienhäusern der Region vorgesehen ist. Die beiden Versuchsanlagen sind in der Heizzentrale des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen installiert und mit allem erforderlichen Zubehör einer Fernwärme-Hausstation ausgerüstet.

Die Kompaktstationen werden aus dem Heizwassersystem des EIR mit «Refuna-Fernwärme» mit Temperaturen zwischen 70 und 120 °C versorgt. Gemäss ihrer späteren Aufgabe im Keller der

Der gesamte Investitionsbedarf für 6 Mio Einwohner beträgt 865 Mio Franken. Der heutige Investitionsbestand (nicht akkumulierte Kosten) wird mit 560 Mio Franken errechnet. In der Annahme, dass der Endausbau im Jahr 2000 erreicht ist und die Investitionstätigkeit linear verläuft, ergeben sich in dieser Aufstockungsphase jährliche Neuinvestitionen von etwa 15 Mio Franken. Zusätzlich sind jährlich Ersatzinvestitionen von rund 40 Mio Franken zur Werterhaltung des Bestandes zu tätigen. Nach Erreichen des Endausbaues belaufen sich die Ersatzinvestitionen auf 66 Mio Franken pro Jahr und die Jahreskosten (BK und KK) auf 143 Mio Franken/a, resp. 24 Franken /E·a. Eine Baukostenteuerung ist nicht berücksichtigt. Bei einer angenommenen Energiepreiserhöhung von 2% pro Jahr (resp. 4%/a) erhöhen sich die Jahreskosten auf 153 (166) Mio Franken/a resp. 25.50 (27.75) Franken/E·a.

Die genannten Kosten stellen gesamtschweizerische Durchschnittswerte dar mit unterschiedlichen Verfahrenskombinationen und Anschlussquoten. Als Ergänzung sind nachstehend für einzelne Verfahrensketten – als mögliche Lösungsvarianten – die Jahreskosten in Franken/ E·a aufgeführt.

Verfahrenskette	Betriebskosten Fr./E·a	Kapitalkosten Fr./E·a	Jahreskosten Fr./E·a
Faulung, z. T. Desinfektion, z. T. Stapelung und Flüssigaustrag	10.60	12.80	23.40
Faulung, Entwässerung, Kuchenaustrag	8.70	10.90	19.60
Therm. Verfahren wie Trocknung/ Verbrennung je nach Verfahren und Ausbaugrösse	11.50 bis 13.40	15.90 bis 23.70	27.40 bis 37.10

Diskussion

Die vorliegende volkswirtschaftliche Betrachtung von Klärschlammbehandlungsvarianten bevorzugt grundsätzlich einfache Lösungen, das heisst dem Produkt angepasste Technologien. Eine einseitige, monetäre Beurteilung birgt jedoch die Gefahr in sich, dass andere Oberziele wie Umweltbelastung, Rohstoffhaushalt, übersehen werden und damit Varianten mit allenfalls schlechterer Zielerfüllung in den Vordergrund stellen. Die umfassende Beurteilung ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Die wesentlichen Kosten, nämlich Investitions- und Betriebskosten, resultieren aus Erhebungen in schweizerischen ARA, ergänzt durch Literaturangaben. Erwartungsgemäss zeigen sich grosse Streuungen, die insbesondere durch regionale Gegebenheiten, unterschiedliche Ausstattungsgrade und Ausbaustandards sowie durch betriebliche Gründe beeinflusst werden. Für die Interpretation der Kostengrössen, die vorerst als hoch erscheinen mögen, sind folgende Einflüsse massgebend. Die Kapitalisierung der indexierten (Stand 1980) Investitionen ist einheitlich mit einem Annuitätssatz von 10% gerechnet. Für diese volkswirtschaftliche Betrachtung, aber auch aus Vergleichsgründen werden die unterschiedlichen Subventionsansätze nicht berücksichtigt. Ebenfalls sind Erlöse aus dem direkten Verkauf von Endprodukten nicht einkalkuliert, da eine Generalisierung aufgrund der unterschiedlichen Kostenverteiler kaum möglich ist. Die anfallenden Jahreskosten werden den angeschlossenen E + EGW als direkte Kostenträger angelastet.

Im Vergleich mit den gesamten ARA-Kosten zeigen die Ergebnisse, dass sowohl bezüglich der Investitionen wie der Jahreskosten, je nach Verfahrenskette, bis 20% der Klärschlammbehandlung zugerechnet werden muss.

Adresse des Verfassers: Georg Henseler, Kult.-Ing. ETH, EAWAG, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 8600 Dübendorf.