

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 119/120 (1942)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Wirtschaftlichkeit von Kläranlagen  
**Autor:** Zigerli, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-52384>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

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

Da in Wirklichkeit der Flansch nicht starr ist, kann er keine vollständige Einspannung erzeugen. Setzen wir  $Q_P = \frac{h}{2} N_P$ , so bestimmen sich  $M_P$  und  $N_P$ , solange keine Stützkräfte in der Flanschverbindung wirken, aus der Bedingung

$$\delta_F = \delta_R \quad \text{und} \quad y_F = y_R - y_P$$

was zu den beiden Gleichungen

$$(1+x) M_P + (y-x) N_P = 0$$

$$(y-x) M_P + \left(2y^2 + \frac{4}{3}x\right) N_P = -\frac{y_P}{\alpha_R} = -y M_l$$

führt, die aufgelöst ein

$$M_P = \frac{(y-x) y M_l}{y^2 + 2x^2 y + 2xy + \frac{4}{3}x + \frac{x^2}{3}} = \varphi_P M_l$$

$$\text{und ein } N_P = \frac{-(1+x) M_l}{y^2 + 2xy^2 + 2xy + \frac{4}{3}x + \frac{x^2}{3}} = \psi_P M_l$$

ergeben.

Doch ist bei vorgespannten Schraubenverbindungen auch das Stützmoment, das den Einspanneffekt des Flansches erhöht, zu berücksichtigen.

In der Regel beanspruchen die Rohraxialkraft und der Leitungsdruck den Flanschen gleichzeitig. Das hieraus resultierende Biegemoment  $M_{res}$  und die resultierende Querkraft  $Q_{res}$  bzw.  $N_{res}$  bestimmen sich dann nach dem Superpositionsgegesetz zu

$$M = \varphi (A_a - Z_z) + \varphi_P M_l$$

$$\text{oder } M = \varphi (A_a - Z_z) - \varphi_P \left(1 - \frac{s}{b}\right) \frac{l^2}{2} p$$

$$\text{und } N = \psi (A_a - Z_z) + \psi_P M_l$$

Aus der Bedingung, dass  $\delta_F$  für einen abgestützten Flansch stets positiv sein muss und im Grenzfall den Wert null annimmt folgt ein grösstmöglichen Stützmoment von:

$$Z_z = A_a - M_l \frac{1 - \varphi_P}{\varphi}$$

wobei das Biegemoment  $M_{res} = M_l$  wird, und entsprechende Druckspannungen an den äusseren Fasern der Flanschhohlkehle auftreten.

Für den Verlauf des Biegemomentes  $M_x$ , der Rohraufweitung  $y_x$ , der Querkraft  $Q_x$ , und der Rohrverdrehung  $\delta_x$  längs des Rohres gelten die Formeln:

$$M_x = e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \left( \sin \frac{x}{l} + \cos \frac{x}{l} \right) + 2Q \sin \frac{x}{l} \right]$$

$$y_x = \varphi_R e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \left( \cos \frac{x}{l} - \sin \frac{x}{l} \right) + lQ \cos \frac{x}{l} \right]$$

$$\frac{l}{2} Q_x = -e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \sin \frac{x}{l} + \frac{l}{2} Q \left( \sin \frac{x}{l} - \cos \frac{x}{l} \right) \right]$$

$$\delta_x = \alpha_R e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \cos \frac{x}{l} + \frac{l}{2} Q \left( \sin \frac{x}{l} + \cos \frac{x}{l} \right) \right]$$

$M_x$  lässt sich nach Abb. 5 als Abzissenwert und  $y_x$  als Ordinatenwert einer logarithmischen Spirale mit dem Radiusvektor

$$e^{-\frac{x}{l}} \sqrt{M^2 + (2Q + M)^2} \text{ und dem Dekrement } \frac{x}{l} \text{ darstellen. Ferner}$$

ergeben die Abzissenwerte und die Ordinatenwerte dieser Spirale auf 45 Grad geneigte Axen den Verlauf der Querkraft  $Q_x$  und der Rohrverdrehung  $\delta_x$ , dabei ist aber für jede Axe ein anderer Maßstab zu verwenden.

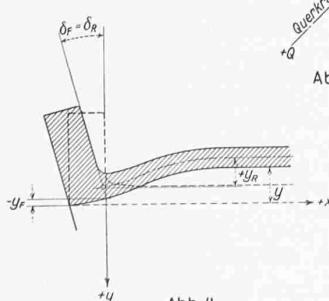


Abb. 4

**Numerisches Beispiel.** Wir untersuchen einen Flansch nach VSM-Normenblatt 18433 für eine Rohrlichtweite von 1000 mm und einen Betriebsdruck von 25 at. Dieser Flansch weicht

von unseren bisherigen Berechnungsgrundlagen insofern ab, als er ein konisches Uebergangstück zum Rohr aufweist. Dieser Konus versteift das Rohr und folglich übernimmt dieses vom Flansch ein grösseres Biegemoment als wenn eine solche Verstärkung fehlen würde. Wir rechnen daher für die Ermittlung des Randbiegemomentes im sichereren Sinne, wenn wir unseren Formeln nicht die Rohrwandstärke  $s = 29$  mm sondern einen grösseren Wert  $s_m = \frac{s + s_1}{2} = 38$  mm zu Grunde legen und erst nachfolgend für die Bestimmung der Spannungen wieder die effektiven Wandstärken berücksichtigen.

Damit finden wir den Zylindermodul  $l = 10,9$  cm

die Flanschenformziffern  $x = \frac{\alpha_F}{\alpha_R} = \frac{1,1}{2,15} = 0,52$  und  $y = 1,76$  einen Biegefaktor  $\varphi = 0,43$  und einen Querkraftfaktor  $\psi = -0,16$ .

Ist das Rohr einseitig durch einen Deckel abgeschlossen, so wird es in axialer Richtung durch den Innendruck, wenn weitere Kräfte fehlen, mit  $A_a = \frac{\pi}{4} D_1^2 p a / D \pi = 6100$  kg belastet, und wenn die Vorspannung der Schrauben null ist, so stellt sich eine Biegespannung von  $\sigma_B = 700$  kg/cm<sup>2</sup> ( $s = 47$ ) ein. Hierzu kommt die Zugspannung durch die Längskraft  $A$  mit dem Betrag:

$$\sigma_z = 130 \text{ kg/cm}^2 (s = 47)$$

Das maximale Einspannmoment durch den Innendruck  $p$  bestimmt sich zu

$$M_l = 25 \left(1 - \frac{3,8}{13,5}\right) \cdot \frac{10,9^2}{2} = 1080 \text{ kg} (s_m = 38)$$

Dies führt mit einem Einspannfaktor  $\varphi_P = 0,25$  und einer Wandstärke  $s_1 = 4,7$  cm zu einer Druckspannung von  $\sigma_D = -65$  kg pro cm<sup>2</sup>. Damit wird die resultierende Beanspruchung in der Kehle

$$\underline{\sigma_R} = \sigma_B + \sigma_z + \sigma_D = \underline{775 \text{ kg/cm}^2}$$

Wirkt in den Flanschen jedoch das grösstmögliche Stützmoment von

$$Z_z = A_a - M_l \frac{1 - \varphi_P}{\varphi} = 6100 + 1080 \cdot \frac{1 - 0,25}{0,43} = 8000 \text{ kg},$$

wofür jede Schraube auf 22500 kg vorzuspannen ist, so erreicht die Beanspruchung für einen abgestützten Flansch den Betrag  $\sigma_{res} = -155$  kg/cm<sup>2</sup> und für die hinterdrehte Bauart einen  $\sigma_{res} = +1665$  kg/cm<sup>2</sup>.

Die aufgestellten Formeln gelten im übrigen auch noch mit zufriedenstellender Genauigkeit für Flanschen die gegenüber der Rohrlichtweite eine grosse Breite besitzen<sup>5)</sup> und die man geneigt ist als Platten zu behandeln. So findet man für das von *ten Bosch* in seinem Aufsatz über die «Berechnung von Flanschenverbindungen»<sup>6)</sup> gebrachte Beispiel für ein Rohr von 92 mm I.W. und 8 mm Wandstärke die Flanschenformziffern  $x = 0,315$  und  $y = 0,715$  und eine Biegespannung von 1050 kg/cm<sup>2</sup>.

**Zusammenfassung.** Wesentlich für die Beanspruchung eines Flansches sind die Vorspannung der Schraubenverbindung und seine konstruktive Durchbildung. Eine sinngemässen Ausnutzung der Stützkräfte ermöglicht eine weitgehende Spannungsentlastung und eine in der heutigen Zeit besonders erwünschte leichtere Konstruktion.

## Wirtschaftlichkeit von Kläranlagen

Von PAUL ZIGERLI, Ing. S.I.A., Zürich

Abwasser-Reinigungsanlagen gehören zu jener Kategorie «unrentablers» Bauwerke, die wie z.B. Strassen, Schulhäuser, Luftschutzräume, Wildbachverbauungen usw. für die öffentliche Hand finanziell nur Belastungen darstellen. Im Gegensatz zur Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung bringen sie nur Ausgaben, aber keine oder geringe Einnahmen. Verzinsung, Abschreibung und Betriebskosten stellen eine Belastung der Gemeinwesen auch dann dar, wenn ein Teil der Baukosten durch Subventionen gedeckt wird. Kläranlagen erfreuen sich daher besonderer Unbeliebtheit und werden meist nur unter Zwang erstellt, d. h. dann, wenn entweder der behördliche Schutz der öffentlichen Gewässer oder Arbeitslosigkeit die Ausführung solcher Anlagen kategorisch fordern. Im Nachstehenden soll versucht werden, einen gangbaren Weg zu zeigen, wie die Baukosten von Kläranlagen vermindert, sowie verzinst und abgeschrieben und wie die Betriebskosten getragen werden können.

### Deckung der Betriebskosten

Der Kreislauf des Wassers ist erst dann geschlossen, wenn verschmutztes Wasser wieder vollständig gereinigt ist. Imhoff

<sup>5)</sup> Die Flanschenbohrungen  $f$  vergrössern  $\alpha_F$ ; in den numerischen Rechnungen haben wir die wirksame Flanschbreite nach Abbildung 1 zu  $b = b^0 - f/2$  angenommen.

<sup>6)</sup> Die Flanschenbohrungen vermindern den «Platteneffekt».

<sup>7)</sup> SBZ, Bd. 116, S. 131\*, 175, 210 (1940).

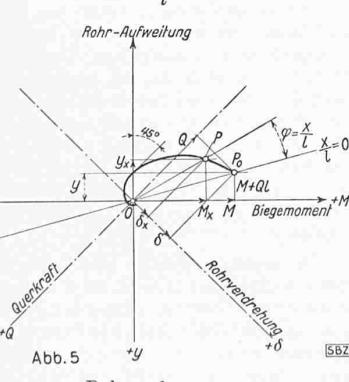


Abb. 5

sagt hierüber («Stadtentwässerung», 9. Aufl.): «Die Städte sind in den ständigen Kreislauf des Wassers durch ihre Wasserversorgung und ihre Abwasserabfuhrung eingeschaltet. Man kann nicht die Abwasserfrage lösen, ohne zugleich auch an die Wasserversorgung zu denken. Der Kreislauf Wasser-Abwasser ist in der städtischen Wasserwirtschaft fast überall in irgendeinem Grade vorhanden. Jedes Quell- oder Grundwasser ist schon einmal Oberflächenwasser gewesen und in irgendeinem Grade auch schon verschmutzt worden, und jedes Abwasser kommt wieder in einen Wasserlauf, dessen Wasser wieder von Menschen benutzt wird, auch zum Trinken. Der Kreislauf als solcher ist nicht zu vermeiden. Man muss nur sorgen, dass er nicht zu kurz ist.»

Indem also die Reinigung der Abwässer lediglich ein Glied im Kreislauf des Wassers darstellt, bildet sie einen Bestandteil der Wasserversorgung und ist daher auch von hier aus zu finanzieren. Da nun Wasserversorgungen praktisch überall zu den rentablen Gemeindebetrieben gehören, also einen Gewinn abwerfen, ist die betreffende Betriebsrechnung korrekterweise mit den Passivposten einer Kläranlage zu belasten. Ob dies so geschieht, dass man den an die Gemeindekasse abzuführenden Gewinn um den Verlustposten der Kläranlage kürzt oder ob man den Einheitspreis des Trink- und Brauchwassers etwas erhöht, ist für unsere Betrachtung gleichgültig. Uns liegt lediglich die Aufgabe ob, den Beweis zu erbringen, dass der vorgeschlagene Weg gangbar und die Methode für den einzelnen wie für das Gemeinwesen tragbar ist. Dies möge an folgendem Beispiel gezeigt werden:

Für eine Gemeinde mit 6000 Einwohnern zu 350 l Wasserverbrauch pro Kopf und Tag = 766 500 m<sup>3</sup>/Jahr ergeben sich annähernd folgende Zahlen:

a) für eine mechanische Kläranlage:

$$\begin{aligned} \text{Baukosten heute, } 6000 \text{ Einwohner zu } 25 \text{ Fr.} &= 150\,000 \text{ Fr.} \\ \text{Betriebskosten } 2000 \text{ Fr./Jahr} &= 0,26 \text{ Rp./m}^3 \\ \text{Verzinsung u. Amortisation, } 8 \% &= 12\,000 \text{ Fr./Jahr} \\ &\quad = 1,57 \text{ Rp./m}^3 \\ &\quad \text{zusammen } 1,83 \text{ Rp./m}^3 \end{aligned}$$

b) für mechanisch-biologische Reinigung:

$$\begin{aligned} \text{Baukosten heute, } 6000 \text{ Einwohner zu } 35 \text{ Fr.} &= 210\,000 \text{ Fr.} \\ \text{Betriebskosten } 5000 \text{ Fr./Jahr} &= 0,66 \text{ Rp./m}^3 \\ \text{Verzinsung u. Amortisation, } 8 \% &= 16\,800 \text{ Fr./Jahr} \\ &\quad = 2,20 \text{ Rp./m}^3 \\ &\quad \text{zusammen } 2,86 \text{ Rp./m}^3 \end{aligned}$$

Es genügt somit, den durchschnittlichen Wasserpreis von 25 Rp./m<sup>3</sup> um 2 bis 3 Rappen/m<sup>3</sup> zu erhöhen, um sowohl die Betriebskosten einer Kläranlage als auch ihre Verzinsung und Abschreibung zu decken. Diese kleine Mehrbelastung pro m<sup>3</sup> Wasser-Verbrauch erscheint nicht nur tragbar, sondern auch gerecht verteilt: wer wenig Wasser verbraucht, zahlt wenig, während der Grossverbraucher, der mehr Wasser verschmutzt (Gewerbe und Industrie), entsprechend stärker belastet wird.

In Wirklichkeit kann der Zuschlag niedriger gehalten werden als oben angegeben, weil die zu erwartenden und zugesicherten Subventionen an die Bausumme, die 30 % und mehr ausmachen werden, in obiger Rechnung nicht in Abzug gebracht sind. Ferner stellen Verzinsung und Amortisation mit den Jahren fallende Werte dar, während die Betriebskosten konstant bleiben. Unberücksichtigt sind ferner allfällige Erlöse aus Verkauf von Faulschlamm als Dünger und von anfallendem Methangas.

Der vorgezeigte Weg nimmt somit einer Gemeinde die Sorge um die Tilgung der jährlich wiederkehrenden Belastung aus dem Betrieb einer Kläranlage ab. Damit fällt aber auch der Hauptwiderstand gegen die Erstellung von Kläranlagen weg, womit allen Interessenten gedient sein kann.

#### Verminderung der Baukosten

Die unbestreitbar hohen Baukosten einer Kläranlage, bedingt durch deren ganze Einrichtung und Bemessung, bilden einen weiteren Grund, weshalb viele Gemeinden nur zögernd an diese Aufgabe herantreten. Anderseits kann von einer wirklichen Sanierung unserer Bäche, Flüsse und Seen nur dann gesprochen werden, wenn Kläranlagen nicht nur sporadisch, sondern unbeschränkt überall da erstellt werden, wo sie nötig sind. Es muss daher versucht werden, die Baukosten zu ermässigen.

Beim Entwurf einer Reinigungsanlage ist immer vom Vorfluter auszugehen. Nicht nur die Abwässer selbst, sondern auch der Zustand und die Selbstreinigungskraft des betreffenden Gewässers ist vorgängig der Projektierung genau zu untersuchen. Hiefür steht uns die vorbildlich arbeitende «Beratungsstelle für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung» an der E. T. H., insbesondere deren chemisch-bakteriologische Abteilung, zur Verfügung.

Es wäre sinnlos, aus Abwasser Trinkwasser machen zu wollen, d. h. mit der Reinigung weiter zu gehen als nötig. Imhoff sagt mit Recht: «Es ist eine Ausgabe ohne Gegenwert, wenn die Kläranlage das leistet, was der Fluss schadlos auch kann; die Selbstreinigungskraft eines Gewässers muss ausgenützt werden.» Wo eine mechanische Klärung genügt, erstelle man keine biologische Anlage, und wo man mit biologischer Teilreinigung auskommt, verzichte man auf Vollreinigung. Sodann sind die einzelnen Verfahren zu prüfen und auf ihre Wirtschaftlichkeit zu untersuchen: «Eine Abwasseranlage ist nur ein Teilstück in der grossen zusammenhängenden Wasserwirtschaft . . . Man muss wissen, was die einzelnen Verfahren leisten, was sie kosten, und man muss ermitteln, welche Ansprüche das Gewässer stellt und ob die Abwasserverwertung entscheidend spricht.»

Meines Erachtens ist unser heutiger Baustandard auch in bezug auf die Kläranlagen übertrieben hoch. Abwasser kann auch ohne ausgeplättelte Absetzbecken gereinigt werden. Die bestehende Baustoffknappheit erlaubt uns nicht nur, mit den Beanspruchungen von Beton und Eisen höher als bisher zu gehen, sondern wir werden uns auch damit befrieden können, in den Behältern Haarrisse in Kauf zu nehmen, die niemand schaden. Damit sprechen wir keinesfalls einer Qualitätsverminderung das Wort. Aber Ford («Mein Leben und Werk») hat sicher nicht ganz unrecht, wenn er schreibt: «Innerhalb der letzten zehn Jahre sind die Verwaltungskosten jeder Stadt hierzulande ungeheuer gestiegen. Ein grosser Teil dieser Spesen besteht aus Zinsen für geborgtes Geld, das entweder in unproduktive Steine, Ziegel und Mörtel oder in die für das Stadtleben notwendigen, aber viel zu teuer gebauten gemeinnützigen Anlagen, wie Wasserleitung und Kanalisation, umgewandelt worden ist.»

Wir bauen behelfsmässige Luftschutzräume. Warum nicht auch behelfsmässige Kläranlagen, wie sie im Ausland schon lange bestehen? Ist es wirklich notwendig, jedes Bauwerk für eine Lebensdauer von Jahrhunderten zu erstellen, wo wir nicht einmal wissen, ob wir nicht in 20 oder 30 Jahren Verfahren besitzen werden, die uns erlauben, mit den halben Baukosten unser Abwasser zu reinigen? Wieder zitieren wir Imhoff («Rohstoffvergeudeung im Abwasserwesen», Städtereinigung 1938): «In der Zeit der Knappeit an Rohstoffen muss man wieder mehr als bisher die Behelfsanlagen beachten, die zum grössten Teil in der Kriegs- und Nachkriegszeit im Ruhrgebiet entwickelt wurden sind. Mit Erdbecken in den verschiedensten Formen lässt sich jeder Grad der Abwasserreinigung durchführen.»

Rohstoffvergeudeung ist es auch, wenn man zu lange Zuleitungen zu den Kläranlagen baut, um diese weit außerhalb des bewohnten Gebietes anzulegen. Sicher gehören Kläranlagen wenn immer möglich aus dem Baugebiet hinaus. Obwohl sie heute praktisch geruchlos sind, wohnt niemand gern in ihrer Nähe. Solche Bauten werden auch dann zu teuer, wenn man mehrere Gemeinden zu einer zentralen Kläranlage zusammenfassen will, die keine Trennkanalisation besitzen, weil die Rohrdurchmesser dann sehr gross und kostspielig werden.

Ein weiterer Punkt betrifft das Verhältnis zwischen Bau- und Betriebskosten einer Kläranlage. Gerade in unserem Lande, wo der Grundwasserspiegel meist hoch steht oder schlechte Baugrundverhältnisse vorliegen, ist es oft wirtschaftlicher, eine Kläranlage um einige Meter aus dem Boden herauszuheben und das Wasser zu pumpen, statt hunderttausend Franken für Funderungskosten auszugeben. Darauf schreibt Imhoff: «Wichtig für die Baukosten ist die Anpassung an das Gelände, die Bodenbeschaffenheit und das Gefälle. Man soll sich aber nicht scheuen, den Wasserspiegel der Kläranlage mit Pumpen auf eine für Bau und Betrieb zweckmässige Höhe zu heben. Abwasserpumpen sind heute zuverlässig. Der Kraftbedarf kann leicht aus dem Überschuss des Faulgases gedeckt werden. Das selbe gilt für die Höhenlage der Schlammtröckenplätze und die Schlamm-pumpen.»

Es genügt jedoch nicht, wenn der entwerfende Ingenieur solche Sparmassnahmen in Vorschlag bringt, sondern zu deren Realisierung, die im öffentlichen Interesse liegt und die die Güte und Wirksamkeit der Kläranlagen in keiner Weise beeinträchtigt, bedarf es der verständnisvollen Zustimmung und Förderung der begutachtenden und subventionierenden Behörden und ihrer Organe. Wir sollen und wollen unsere Gewässer wirksam sanieren, aber nicht mehr nach dem Grundsatz, dass das Beste hiefür gerade gut genug sei, gleichgültig, was es koste. Das Leitmotiv muss vielmehr lauten: ein Maximum an Effekt mit einem Minimum an Kosten.

#### Verwertungsmöglichkeit von Gas und Dünger

Der Anfall an Methangas aus der Schlammfaulung, von rd. 6300 kcal Heizwert, erreicht 15 bis 25 l/Einwohner/Tag, je

nachdem die Faulkammer geheizt wird oder nicht. Für Gemeinwesen unter 10 000 Einwohnern lohnt sich die Gasgewinnung nur, wenn das abnehmende Gaswerk in der Nähe der Kläranlage liegt, sonst wird das Methangas besser zur Heizung des Faulraumes und des Bedienungsraumes, in Ausnahmefällen auch zum Antrieb der Pumpen verwendet. — Anders ist es bei grösseren Gemeinwesen und in Städten. Die Kläranlage Zürich z. B. erzeugt bei 250 000 angeschlossenen Einwohnern eine jährliche Gasmenge von rd. 1 400 000 m<sup>3</sup>. Hiervon werden 400 000 m<sup>3</sup> für Eigenbetrieb (Heizung der Faulkammern usw.) verwendet und 1 Mio m<sup>3</sup> an das städtische Gaswerk, bzw. für den Betrieb der Kehricht-Sammelwagen abgegeben. Der Erlös daraus erlaubt nahezu die Deckung der etwa 76 000 Fr. betragenden reinen Betriebskosten der Kläranlage.

Der in Kläranlagen entstehende Schlamm eignet sich sehr gut als Düngemittel; er ist in der heutigen Zeit des Mehranbaues besonders wichtig. Die Menge ändert sehr stark mit der Zusammensetzung des Abwassers und mit dem Wasser gehalt. Normalerweise kann bei mechanischen Kläranlagen mit 1,2 l Schlamm/Kopf/Tag, bei biologischen mit 2,5 l/K/T bei einem Wassergehalt von 95 % gerechnet werden. Der Schlamm wird in den Faulkammern ausgefault und ist dann geruchlos. Er kann entweder der Stalljauche beigemischt oder direkt auf die Felder verbracht werden.

In der Nähe der Kläranlagen der Städte Zürich und St. Gallen wird der Faulschlamm in industriellen Privatbetrieben mit spezifischen Düngmitteln vermischt, wodurch der Düngwert erhöht wird; das Produkt (Agrosan, Biohum usw.) geht im Verkaufsweg an die Landwirtschaft. Auch die Verwertung des Frischschlamms (ohne Ausfaulung) ist in die Wege geleitet, wobei zu bemerken ist, dass Frischschlamm stinkt. Die Behauptung, dass durch die Ausfaulung dem Schlamm die wertvollen Bestandteile entzogen werden, ist nur bedingt richtig. Wir zitieren auch hier nochmals Imhoff: «Der Verlust an Düngwert durch die biologische Reinigung des Abwassers beträgt nach Pallasch nur 20 % ... Dem Verlust von 20 % steht aber (men genmäßig) eine Verdoppelung des Schlammdüngers aus der biologischen Kläranlage gegenüber. Die biologische Vorreinigung steht also auch der Verwertung der humusbildenden Stoffe nicht im Wege.» — «Wirkliche Verwertung findet der Schlamm nur in der Landwirtschaft. Hier ist sein Wert dem Stallmist ebenbürtig. Allerdings ist sein Wert, gemessen an den Nährstoffen Stickstoff, Phosphaten und Kali, gering im Vergleich zu Handelsdünger. Bei Schlammdünger kommt es aber ebenso wie bei Stallmist weniger auf seine chemischen Eigenschaften an als auf seine physikalischen, besonders auf seine humusbildenden Stoffe. Deshalb ist es auch ein Irrtum, zu glauben, dass frischer Schlamm für die Landwirtschaft besser sei als ausgefaulter, weil in den Faulräumen 40 % des Stickstoffes verloren gehen. Im Gegenteil hat der frische Schlamm grosse Nachteile. Er hängt in fettigen zähen Brocken zusammen und bringt Unkrautsamen auf das Land. Für die Pflanzen brauchbar wird er erst, wenn er kompostiert oder vererdet ist. Dabei geht der Stickstoffgehalt genau so herunter wie bei der Ausfaulung. Ausgefaulter Schlamm ist entschieden vorzuziehen.»

In einer vom Verfasser vor drei Jahren erstellten mechanisch-biologischen Kläranlage in der Nähe Zürichs findet der ausgefaulte Schlamm bei den Landwirten so guten Absatz, dass er zu 2 Fr./m<sup>3</sup> ab Faulkammer verkauft wird und so einen wenn auch kleinen Teil der Betriebskosten der Anlage deckt.

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich alle auf Schlamm aus häuslichem Abwasser. Bei gewerblichen Abwassern liegt die Sache ganz anders. Es würde den Rahmen des vorliegenden Aufsatzes überschreiten, wenn wir sie in unsere Betrachtungen einbeziehen wollten. Immerhin sei bemerkt, dass der Düngwert von Gerbereischlamm aus einer ebenfalls vom Verfasser erstellten Kläranlage amtlich auf 6 bis 8. Fr. für Landwirte, für Gartenbesitzer auf 15 Fr./m<sup>3</sup> geschätzt wurde. Eine Verwertung ist daher auch in diesem Fall möglich.

#### Zusammenfassung

1. Die Reinigung von Abwässern bildet einen Bestandteil der Wasserversorgung und ist daher auch von hier aus zu finanzieren.

2. Die Baukosten von Kläranlagen können vermieden werden durch Beschränkung der Abwasserreinigung auf das Notwendige, durch Erstellung behelfsmässiger Anlagen, durch volle Ausnutzung der Baustoffe, durch zweckmässige Konstruktion der Bauteile, durch Vermeidung zu langer Zuleitungen und durch Untersuchung des Verhältnisses zwischen Bau- und Betriebskosten.

3. Die Anfallstoffe Gas und Düngeschlamm aus Kläranlagen sind weitgehend der Verwertung zuzuführen.

#### MITTEILUNGEN

**Thermoflex-Individualheizung.** Im vergangenen Winter hat man sich daran gewöhnt, in schlecht geheizten Räumen einen Mantel anzuziehen. Die isolierende Hülle verringert den stündlichen Wärmeverlust des Körpers. Einem Aufsatz von A. Imhof und M. Hottinger in «S. T. Z.» 1942, Nr. 11 zufolge kann man sich neuerdings aber auch, statt mit einer isolierenden, mit einer Hülle von höherer Temperatur als der des Aufenthaltsraums umgeben, und zwar von einer nach Bedürfnis und schnell regelbaren Temperatur, um den Wärmeabfluss des Körpers (an die Hülle) auf ein zuträgliches Mass  $Q_1$  zu begrenzen. Der Ueberschuss der von der warmen Hülle an die kalte Umgebung abgegebenen Wärme  $Q_2$  über  $Q_1$  wird durch elektrische Heizung gedeckt. Elektrisch heizbare Hüllen sind als leichte Mäntel oder Hauskleider unter der Marke Thermoflex durch die Gummierwerke Richterswil in den Handel gebracht worden. — Wie hier wiederholt auseinandergesetzt wurde<sup>1)</sup>, gehört zu unserm Wohl befinden eine gewisse ständige Wärmeabgabe, und zwar vorwiegend durch Leitung und Konvektion, mit verhältnismässig schwachem Abstrahlungsanteil; eine gelinde Luftzirkulation bekommt uns auch innerhalb der Häuser. Eine hygienische Heizeinrichtung soll also, ohne einen gesunden Wärmeaustausch zu verhindern, namentlich die Körperstrahlung an kalte Wände und Fussböden einschränken. Dies kann (bei normaler Brennstoffversorgung) durch Heizen der Zimmeroberflächen geschehen (Strahlungsheizung), oder eben durch Heizen einer den Körper enger umgebenden Hülle (Thermoflexmantel, allenfalls mit Heizteppich), womöglich ohne den Körper in einer stagnierenden Luftsicht einzuschliessen.

Gegenüber der elektrischen Raumheizung durch Ofen hat diese Art der Erhaltung der Körperwärme den Vorzug des weit geringeren Energieverbrauchs. Nach Imhof beträgt er z. B. bei 12° C Raumtemperatur 42 ± 48 W, bei 8° C 64 ± 80 W. Eine zusätzliche Fussbeheizung benötigt pro dm<sup>2</sup> Teppichfläche 1,5 ± 3 W. Als Heizwiderstände der Thermoflexmäntel dienen an der Innenseite (in einem herausnehmbaren Futter) biegsame Litzen und Kordeln, zum Warmhalten der Hände besonders dicht im vordern Teil der Ärmel angeordnet. Sie stehen bei eingeschalteter Heizung unter der Kleinspannung von 12 ± 20 V, bei der auch in feuchten Räumen keine Elektrisierungsgefahr besteht, was eine leichte, biegsame Isolierung ermöglicht. Zum Anschluss an die Lichtleitung dient ein tragbarer, 2,2 kg schwerer Transformator, sowie, in einer Manteltasche, eine Steckdose mit Stufenschalter für vier Heizleistungen, dazwischen ein fünfadriges Kabel. Ob schon sofort lösbar, ist diese Bindung eines oder mehrerer An geschlossen an die Heizquelle nicht tunlich in Betrieben, die ein ständiges Herum- und Durcheinandergehen erfordern. Es ist daher außerdem eine kabelfreie Stromzuführung entwickelt worden, die eine Individualheizung z. B. in solchen Verkaufslokalen (Metzgereien, Milchläden usw.) ermöglichen, wo die Natur der Ware keine normale Raumheizung zulässt: Der Fussboden wird mit flachen Kontaktbelägen ausgerüstet, die dem Heizmantel den Strom über an die Schuhe geschaltete Federkontakte zuführen, hier unter einer Spannung von 20 ± 25 V, mit Rücksicht auf die fortwährenden Unterbrechungen des Heizstromkreises beim Gehen. — Bei Einrichtung einer Individualheizung in einem Betrieb oder Wohnhaus mit vielen Anschlussstellen wird sich ein zentraler Transformator mit Kleinspannungs-Verteilnetz empfehlen.

**Die Anfänge des Höchstdruckdampfes,** worunter heute Dampf von über 50 at verstanden wird, liegen etwa 20 Jahre zurück. Ein Rückblick von W. G. Noack in den «Brown Boveri-Mitt.» 1941, Nr. 11 erinnert an einzelne Stadien dieser durch die massiven Brennstoffpreise der Nachkriegszeit geschürten Entwicklung. Einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Dampfkraftanlagen stand die überwiegend konservative Haltung der Fachwelt entgegen. So wurde auf eine von Brown Boveri ergangene Rundfrage an Kesselfirmen nach dem höchstzulässigen Dampfdruck als kühnste Ziffer 33 at bei maximal 400° C Ueberhitzung genannt, während der Leiter einer bekannten Firma erklärte, 10 at wären ihm weitaus am liebsten! Das war Ende 1920. Mitte 1921 gab Hartmann die Arbeiten der Schmidt'schen Heissdampfgesellschaft an einem Kessel für 50 at bekannt. Um diese Zeit machte sich in Rugby der Konstrukteur Benson an den Bau eines Dampfkessels für den kritischen Druck von 224 at, während in Schweden Blomqvist einen Höchstdruckkessel mit schnell rotierenden Trommeln als Verdampferrohren entwickelte. Dieser von der Sudenburger Maschinenfabrik, Magdeburg, in Lizenz übernommene sog. «Atmos»-Kessel<sup>2)</sup> figuriert schon 1923 auf einem

<sup>1)</sup> In Bd. 113 (1939), Nr. 6, S. 71 (v. Gonzenbach zur Strahlungsheizung), ferner in Bd. 114 (1939), Nr. 15, S. 131 (Physiolog. zur Heizung u. Lüftung).

<sup>2)</sup> Vgl. Näheres in Bd. 86, S. 172\* (1925).