

Physikalisch-chemische Eigenschaften der Schlämme

Ing. V. Komendová, Dr. B. Drábek

Die Feststellung physikalisch-chemischer Eigenschaften von Schlämmen ist neben der mechanischen Bearbeitung auch von großer Bedeutung für die Schöpfung, Strömung und Mischung des Schlammes. In der CSSR existieren vom chemischen und physikalischen Standpunkt aus bisher keine laufend angewendeten analytischen Einheitsmethoden für die Schlammanalyse.

So wird das Schöpfen des Schlammes nur auf Grund erzielter Erfahrungen oder direkter Messungen (besonders bei großen Projektions-einrichtungen) auf große Entfernungen transportierten Schlammes beurteilt.

Auf die Schlammeigenschaften wirkt besonders die Zusammensetzung oder Struktur, die entweder grob oder fein ist. Zur groben Struktur gehören alle Feststoffe, zur feinen die Kolloide, die sich sehr gern zusammenballen und häufig Störungen beim Schlamm-schöpfen in Rohrleitungen verursachen. Das zeigt sich besonders, wenn Schlamm-schöpfen unterbrochen wird, der Schlamm wird dann hart, und es kann zu Rohrverstopfungen kommen. Diese Eigenschaft einiger Schlämme ist ein wichtiges Kriterium für ihre Bearbeitung. Bisher existiert aber keine einheitliche Methodik zu ihrer Bestimmung.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der auf die Fließeigenschaften der Schlämme einen Einfluß hat, ist die im Schlamm enthaltene Wassermenge. Wenn der Wassergehalt im Schlamm etwa 75% beträgt, sprechen wir vom Fließschlamm, der getrocknete Schlamm enthält noch immer 55—60 Gewichtsprozent Wasser, das sich beinahe überhaupt nicht mehr aus dem Schlamm entfernen läßt. Das ist das sogenannte „gebundene Wasser“, dessen Verhältnis zum freien Wasser ein weiteres wichtiges Kriterium für die Schlammeigenschaften und ihre Bearbeitungsmöglichkeit ist. Dieses Verhältnis ist bei jedem Schlamm anders. Am meisten binden Wasser lyophile Kolloide (z. B. Eiweißstoffe), und zwar in den Kapillaren der Kolloidpartikeln. Je größer die Menge dieses gebundenen Wassers im Verhältnis zum freien Wasser ist, um so schlechter fließt der Schlamm, was auch direkt mit dem Gehalt der im Schlamm enthaltenen feinen Kolloidpartikeln zusammenhängt.

Der Gehalt an Stoffen feiner und grober Struktur im Schlamm beeinflusst weiter sein spezifisches Gewicht, das ein weiteres Kriterium

bei der Schlammbewertung darstellt. Dieser Wert bewegt sich beim Schlamm im Bereich von 1,02—1,05 g/cm³ (für 80—90 Gewichtsprozent Wassergehalt im Klärschlamm). Das spezifische Gewicht hängt vom Trockenrückstandswert und dem Wassergehalt ab.

Die Möglichkeit der Schlammbewertung vom physikalisch-chemischen Gesichtspunkt wird besonders durch die theoretische Rheologie gegeben, die aus den Grundeigenschaften der Masse, z. B. der Elastizität, Plastizität, Viskosität oder Geschmeidigkeit, hervorgeht. Indem diese Eigenschaften kombiniert werden, werden die Beziehungen zwischen der inneren Reibung, Viskosität und Deformation einer bestimmten Suspension bewertet.

Die Viskosität ist bei der Flüssigkeitsströmung dem gesamten inneren Widerstand proportional und wird bei normalen Flüssigkeiten durch das Newtonsche Gesetz definiert:

$$\tau = -\eta \frac{dv}{dn}$$

wobei der innere Reibungswert τ immer dem Geschwindigkeitsgradienten proportional ist. Wir sprechen dann von Newtonschen Flüssigkeiten, die schon bei der geringsten Vorschubspannung (Schubspannung) zu fließen beginnen. Die Strömung dieser Flüssigkeiten ist kontinuierlich, stetig; es ist ein klassisches Beispiel praktischer Rheologie.

Einen speziellen Fall der praktischen Rheologie bildet jene Flüssigkeitsgruppe, in deren Strömungskontinuität bestimmte Sprünge auftreten. Wir nennen sie allgemein Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten, bei denen die Abhängigkeit der inneren Reibung nicht proportional zu dem Geschwindigkeitsgradienten, sondern durch eine komplizierte Funktion gegeben ist. In der praktischen Rheologie zeichnen sie sich dadurch aus, daß sie eine bestimmte Stärke benötigen, um in Bewegung gesetzt zu werden, und diese Stärke wird durch einen bestimmten Wert, die sogenannte Schubspannung, bestimmt. Die Abhängigkeit ihrer inneren Spannung wird durch die Bingham'sche Gleichung

$$\tau = -\eta \frac{dv}{dn} + \vartheta$$

ausgedrückt. Flüssigkeiten, die dieser Gleichung entsprechen, nennen wir viskos-plastische Bingham-Stoffe.

Zwei wichtige Faktoren der praktischen Rheologie sind: innere Reibung und Viskosität der Suspensionen. Die Größe dieser beiden Faktoren und ihre gegenseitige Beziehung bestimmen:

1. Die Menge und Größe der Feststoffe in der Suspension, ihre Disper-
sion, Form und Oberflächenrauheit,
2. die Wassermenge in der Suspension,
3. der Hydratations- und Hydrolysengrad der in der Suspension ent-
haltenen Salze,
4. die Temperatur,
5. der Gehalt an Expansivbestandteilen (Lehme).

Einige viskos-plastische Bingham-Stoffe haben Eigenschaften, die sie zu den speziellen Fällen der praktischen Rheologie reihen. Diese Eigen-
schaften sind:

- a) Thixotropie — die Suspension ist im Ruhestand kohäsiv, in Be-
wegung flüssig;
- b) Dilatation — die Suspension hat im Ruhestand einen flüssigen Cha-
rakter, und bei Bewegung erstarrt sie;
- c) Rheopexie — die Suspensionspartikeln lagern sich besser bei Be-
wegung in die feste Masse ein als im Ruhestand.

Die thixotropen Eigenschaften der Schlämme sind hauptsächlich durch die innere Änderung des Zustandes der Kolloidsysteme bedingt; sie sind daher direkt abhängig von dem Kolloidgehalt, hauptsächlich von den lyophilen Stoffen, die immer in allen Schlammarten enthalten sind. Bei diesen Schlämmen erhalten wir immer höhere Viskositäts-
werte bei geringeren Fließgeschwindigkeiten. Diese Viskosität nennen wir Strukturviskosität im Gegensatz zu dem normalen Schlamm, wo die Viskosität um so kleiner ist, je größer die Fließgeschwindigkeit ist (je größer der Überdruck ist). Strukturviskosität weisen jene Sole auf, deren Bestandteile länglich sind und sich leicht deformieren, z. B. beim Schütteln, Schöpfen oder anderen mechanischen Eingriffen. Die ur-
sprünglichen Schlammeigenschaften ändern sich durch die Struktur-
änderung der Kolloide (Übergang von Sol auf Gel) nicht.

Die Fähigkeit, die gestörte Innenstruktur (Thixotropie) zu erneuern, ist wahrscheinlich durch Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Partikeln gegeben. Durch einen mechanischen Eingriff wird eine bestimmte Arbeit gegen die erwähnten Anziehungskräfte ausgeführt, wodurch ihre Innenstruktur gestört wird. Darum ist diese Eigenschaft der Schlämme sehr entscheidend in Hinblick auf die Möglichkeiten ihrer weiteren Be-
arbeitung. Beim Schöpfen dieser Schlämme beziehungsweise bei ihrer Mischung ist mehr Arbeit nötig, die zu der aufgewandten Energie pro-
portional ist. Diese Eigenschaften haben Fe_2O_3 -Hydrosole (d. h. Wasser-

werksschlamm), ferner alle gallertartigen und breiartigen Formen (auch grobe Strukturen), wie Erdsuspensionen (Schlämme aus Erzaufbereitung usw.). Von organischen Stoffen sind es Gelatine, Eiweißstoffe (organische Schlämme eiweißartigen Charakters, z. B. Schlachthauschlämme), weiter Woll- und Baumwollfasern, die fähig sind, Wasser zurückzunehmen.

Ein Beispiel der spontanen inneren Änderungen der Kolloidsysteme dieser Schlämme ist das Sedimentationsgleichgewicht, das Altern der Schlämme (Syneresis), bei dem der Dispersionsgrad der Kolloidpartikeln direkt proportional zur Verminderung der Totaloberfläche kleiner wird. Bei diesen Vorgängen ändern sich auch die Viskositätswerte, die chemische Zusammensetzung des Flüssigkeitsmilieus usw. (im Schlamm zeigen sich größere Mengen von freiem Wasser).

Ein nicht weniger wichtiger Faktor, der die physikalischen Schlamm-eigenschaften, besonders ihre Viskosität, beeinflusst, ist die Temperatur. Erhöhung der Temperatur erniedrigt die Viskosität der Schlämme, und der Schlamm wird flüssiger. (Bei Erhitzung von 5 auf 30° C sinkt die Viskosität der Schlämme beiläufig um die Hälfte.)

Es scheint, daß auf die Fließeigenschaften der Schlämme auch der pH-Wert eine Wirkung ausübt. Aus Erfahrung ist es bekannt, daß sauer gärender faulender Schlamm weniger flüssig wird. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich die Fähigkeit des Schlammes, Wasser im sauren Milieu zu binden.

Die Methodik der Messung physikalisch- chemischer Schlamm-eigenschaften

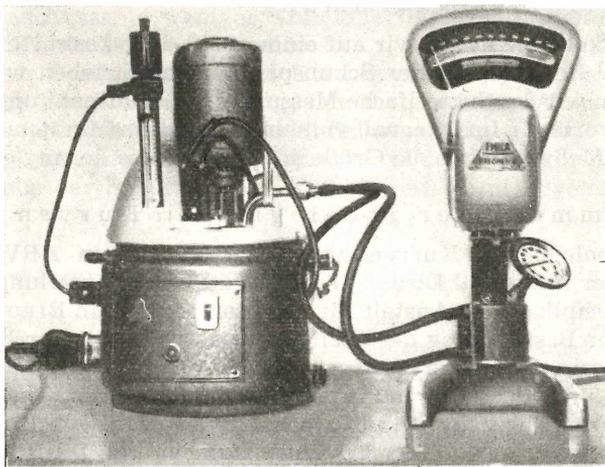
Beim Studium der physikalisch-chemischen Schlamm-eigenschaften verfolgten wir vor allem rheologische und kolloidale Schlamm-eigenschaften.

a) Viskositätsbestimmung

Um eine geeignete Methodik zur Messung vorschlagen zu können, gingen wir von der Voraussetzung heraus, daß die Schlämme (besonders Klärschlämme) den in der Bingham'schen Gleichung ausgedrückten Gesetzmäßigkeiten unterliegen, d. h. daß sie in ihrem Charakter den Fließeigenschaften der viskos-plastischen Bingham-Flüssigkeiten entsprechen werden. Hier ist es nötig sich klarzumachen, daß bei Flüssigkeiten dieser Art ihre Rheologie nicht durch eine Konstante (wie es der Fall bei Newtonschen Flüssigkeiten ist), sondern durch zwei Konstanten ausge-

drückt werden muß. Für diese Meßmethodik ist es dann notwendig sich klarzumachen, daß in der Absicht, diese Lösungen nur durch eine Konstante auszudrücken, der gemessene Wert nur eine bestimmte Funktion der beiden Konstanten und abhängig von der Art der Messung wäre. Z. B. bei der Bestimmung der Viskosität der Suspensionen mittels eines Durchflußviskosimeters ist es nicht möglich, genaue Werte bei konstanter und definierter Schubspannung zu erzielen; das gemessene Ergebnis ist hier ein Integral über eine ganze Reihe von Tangentialspannungswerten von Null bis zu einem gewissen Maximum. Korrekte Ergebnisse zeigen diese Viskosimetertypen nur bei Newtonschen Flüssigkeiten oder bei solchen, die den Newtonschen Flüssigkeiten genügend ähnlich sind. Einen so bei Nicht-Newtonschen Flüssigkeiten bestimmten Wert können wir nur als „scheinbare Viskosität“ bezeichnen, und zum gegenseitigen Vergleich müssen wir nur auf gleiche Art und auf gleichen Geräten unter konstanter definierter Tangentialspannung erhaltene Werte benutzen.

Für eine genauere Bestimmung eignen sich besser Rotationsviskosimeter. Die Messung führten wir auf einem Rotationsviskosimeter der Marke EMILA durch (Abb.), auf dem die Reibungsgröße beziehungs-



Rotations-Viskosimeter (EMILLA)

weise die Schubspannung der Schlämme im zylinderförmigen Hohlraum zwischen der rotierenden Walze und dem Walzenmantel des

Durchflußthermostats entsteht. Die Viskosität bestimmen wir in Poise ausgedrückt in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$. Es ist die sogenannte dynamische Viskosität. In der Praxis verwenden wir hundertmal kleinere Einheiten, sogenannte Centipoise, cP.

b) Schubspannung - Bestimmung

Die Schubspannung charakterisiert die Größe der inneren Reibung, die überwunden werden muß, damit die Strömung der plastischen Flüssigkeit entstehen kann. Sie repräsentiert eigentlich den konstanten Bestandteil der inneren Reibung der plastischen Flüssigkeit bei ihrer Bewegung. Sie wird in g/cm^2 oder in mg/cm^2 angegeben.

Das Prinzip der Schubspannungsmessung besteht in der Bestimmung der Größe des Torsionsmomentes des Hängedrahtes, das zu dem Spannungswert der von der Schlamm suspension geführten Walze proportional ist. Die Messung wurde auf dem SNS-2-Gerätetyp durchgeführt. Dies ist ein Rotationsviskosimeter mit langsamen Umdrehungen, der die Bestimmung der Schubspannung mittels einer statischen Methode ermöglicht.

c) Thixotropie - Bestimmung

Die Thixotropie haben wir auf einem SNS-2-Viskosimeter gemessen, der bei der Bestimmung der Schubspannung beschrieben wurde. Ihren Wert haben wir durch zweifache Messung der Schubspannung bestimmt, und zwar vorläufig im Intervall von einer und zehn Minuten. Der Unterschied der Meßwerte gab die Größe der Thixotropie der mg/cm^2 an.

d) Bestimmung der rheologischen Kurven

Die rheologischen Kurven haben wir auf einem ARV-Rotationsviskosimeter bestimmt. Dieses Gerät wurde in der Abteilung für Bohr- und Spültechnik in der Anstalt für Naphtaforschung in Brno entwickelt. Es dient zur Bestimmung der Charakteristik rheologischer Kurven und der Hysteresis von Dispersionssystemen. Es ermöglicht die Messung der Viskosität und Schubspannung von Newtonschen, strukturalen und Bingham'schen Flüssigkeiten mit wachsender Anzahl von Umdrehungen der Rotationswalze von 0 bis 600 Umdrehungen/min. Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, daß das Torsionsmoment des Meßgefäßes, das von der rotierenden Walze mitgerissen wird, bei laufend veränderlichen Umdrehungen von 0 bis 600 U/min, mittels des elektrischen Stromes im Rotor des kurzgeschlossenen Induktionsmotors gemessen wird, wo-

bei die Spannung des elektrischen Stromes proportional zu den Umdrehungen des Triebmotors ist. Bei dieser Messung erhält man gleichzeitig ein Rheogramm, d. i. die Aufzeichnung der Schubspannung der gemessenen Schlammsuspension in Bezug auf den Geschwindigkeitsgradient.

e) Bestimmung der Kolloideigenschaften des Schlammes

Diese Bestimmung ist neben den rheologischen Eigenschaften ein sehr wichtiges Kriterium für die Schlammbeurteilung. Die Kolloideigenschaften des Schlammes werden hauptsächlich durch den Dispergationsgrad der Suspensionsstoffe gegeben. Bei der Wahl einer geeigneten Messung muß man vom Prinzip eines solchen Verfahrens hervorgehen, das für jedwede Art von Schlamm geeignet wäre und gegenseitig vergleichbare Werte angeben könnte.

Als sehr geeignetes Verfahren scheint die Messung des abfiltrierten Wassers in der Suspension, das durch Überdruck oder Vakuum in Einheitszeit freigegeben wird.

Die freigegebene Wassermenge ist um so größer, je höher das spezifische Gewicht ist, je weniger Kolloidpartikeln enthalten sind und je größer die Mineralsalzkonzentration ist.

Bei dieser Bestimmung der Kolloideigenschaften der Schlämme auf Grund der gefilterten Wassermenge bewährte sich das VM-6-Filtergerät, das aus einer Druckwalze, einem Filterkolben und einer Kammer besteht. Die Filterwalze hat einen Maßstab, auf dem die freigegebene Wassermenge aus der Suspension in Einheitszeit in ml abgelesen werden kann.

f) Bestimmung der Sedimentationsfähigkeiten

Eine weitere wichtige Bestimmung ist die Feststellung der Sedimentationsfähigkeit der Schlämme. Das bisher verwendete Verfahren der Feststellung der Sedimentationskurven nach Imhoff eignet sich nicht, besonders bei Schlammsuspensionen mit sehr feiner Struktur oder beim kolloiden Zustand der Suspension. Der Sedimentationsfähigkeit nach ist es weiter möglich, die Thixotropie einiger Schlammarten zu beurteilen. Die Thixotropie bremst die Absetzung sogar grob dispersierter Partikeln. Thixotroper Schlamm sedimentiert nicht oder nur sehr schwer. Daraus geht hervor, daß bei weiterer Schlammverarbeitung in der Klärtechnik, z. B. beim Entwurf von Sedimentationsbecken, die ermittelte

Thixotropie beziehungsweise die genaue Feststellung der Sedimentationsfähigkeit ein sehr wichtiger Faktor ist. Grobe Dispersionspartikeln von Schlamm suspensionen sinken rasch zum Boden, wenn die Schlamm suspension eine niedrige oder Null-Thixotropie aufweist. Daraus folgt die offenbare Möglichkeit einer einheitlichen Beurteilung der Schlamm eigenschaften ohne Rücksicht auf ihren Charakter (organischer Schlamm, anorganischer Schlamm).

Wichtig ist auch die Rolle der nicht sedimentierenden Partikeln, deren Feststellung der Gegenstand eines weiteren Studiums für die einheitliche Bestimmungsmethodik dieser wichtigen Schlamm eigenschaften sein sollte.

Von weiteren Verfahren der Bestimmung von Schlamm eigenschaften käme in Frage die Feststellung des Sandgehaltes (z. B. im Lysenkov-Zylinder), was ein weiteres Kriterium zum Entwurf von geeigneten Pumpen wäre. Ferner das spezifische Gewicht, der pH-Wert, neben der Bestimmung des Ausfaltungsgrades (besonders bei organischem Schlamm).

Experimenteller Teil — rheologische und kolloide Eigenschaften des organischen und anorganischen Schlammes

Zum experimentellen Studium der angeführten Eigenschaften verwendeten wir die beschriebene Methodik. Es wurden Klärschlammproben aus Kanalisationskläranlagen, aus Schlachthöfen und anorganische Schlammproben (typisch thixotroper Lehm) in Arbeit genommen.

Die bei den Bestimmungen rheologischer, kolloider und physikalisch-chemischer Schlamm eigenschaften erzielten Werte sind in der Tabelle angeführt. Den in Intervallen von 1 und 10 Minuten gemessenen Schubspannungswerten nach wurde auf die thixotropen Eigenschaften geschlossen, was auch der Verlauf der in den Rheogrammen angeführten rheologischen Kurven bestätigt (Abb. 1 bis 5).

Auf Rheogramm Nr. 1 ist der Verlauf der rheologischen Eigenschaften des Rohschlammes, der keine thixotropen Eigenschaften aufweist (der gemessene Thixotropiewert = 0) und zu viskos-plastischen Flüssigkeiten gehört, eingezeichnet.

Rheogramm Nr. 2 zeigt den Verlauf der rheologischen Kurve teilweise ausgefalteten Schlammes, der den Charakter eines viskos-plastischen Bingham-Stoffes mit großen thixotropen Eigenschaften hat. Dieser

Schlamm war sehr dicht (Wassergehalt 81,2 Gewichtsprozent) und schwer schöpfbar. Der gemessene Thixotropiewert war hoch, und zwar $15,98 \text{ mg/cm}^2$.

Auf Rheogramm Nr. 3 sind die rheologischen Kurven des ausgefaulten Schlammes angeführt, wobei die Kurve 1 den Schlamm mit thixotropen Eigenschaften (gemessener Thixotropiewert $6,40 \text{ mg/cm}^2$) repräsentiert. Kurve 2 ist Schlamm ohne thixotropische Eigenschaften (Thixotropie 0 mg/cm^2). Die Wassermenge bei der Druckfiltration war beim Schlamm ohne thixotrope Eigenschaften $44,0 \text{ ml}$, beim Schlamm mit Thixotropie nur $19,0 \text{ ml}$.

Auf Rheogramm Nr. 4 wird der Eiweißstoffschlamm aus Schlachthofkläranlagen (Wassergehalt 96,6%) mit thixotropen Eigenschaften (Thixotropie $3,20 \text{ mg/cm}^2$) gezeigt.

Die beigelegte Tabelle und Rheogramm Nr. 5 (Kurven 1, 2, 3) zeigen anorganische Schlämme, typisch thixotrope Lehme.

Allen diesen Schlammarten können Eigenschaften viskos-plastischer Bingham-Flüssigkeiten zugeschrieben werden; aus den in der Meßmethodik beschriebenen und bei den einzelnen Schlammproben gemessenen viskosmetrischen Werten gingen weiter die grundsätzlichen Abhängigkeiten von dem Wassergehalt hervor. Besonders ihre thixotropischen Eigenschaften machen sich mit wachsender Dichte der Schlämme bemerkbar.

Schl u ß f o l g e r u n g e n

Die Bestimmung der physikalisch-chemischen Schlammeneigenschaften, besonders die Größe der Änderungen und die Zeitdauer der einzelnen Erscheinungen, ist bei jedem Schlamm (insbesondere in der Klärtechnik) sehr verschieden, und es ist nicht möglich, sie praktisch durch irgendeine einfache Gesetzmäßigkeit in Zusammenhang zu binden. Dies gilt besonders bei jenen Suspensionen, die zu den viskos-plastischen Bingham-Flüssigkeiten gehören, die sich zuerst wie thixotrope Stoffe benehmen, dann die rheopexiven Stoffe. Diese Änderungen werden durch ungleichförmiges Benehmen bei Strömung hervorgerufen, deren Feststellung zwar schwierig, aber sehr wichtig zur Beurteilung der endgültigen Bearbeitbarkeit des gegebenen Schlammes ist.

Wenn man die gemessenen rheologischen, kolloidalen und physikalisch-chemischen Werte bei den beiden Schlammarten (organischer und anorganischer) vergleicht, kann man voraussetzen, daß durch Ausarbeitung und Vertiefung des Studiums dieser Eigenschaften wichtige Kri-

terien gefunden werden, denen nach es möglich sein wird, auf Grund einer einheitlichen Methodik die einzelnen Schlammarten mit Hinblick auf ihre weitere Verarbeitung (z. B. bei der Wahl geeigneter Pumpen, Absetzbecken usw.) zu beurteilen. Der gegenseitige Zusammenhang zwischen den angeführten Einflüssen bei der Feststellung der Schlamm-eigenschaften wird vor allem der Gegenstand unserer weiteren For-schung sein.

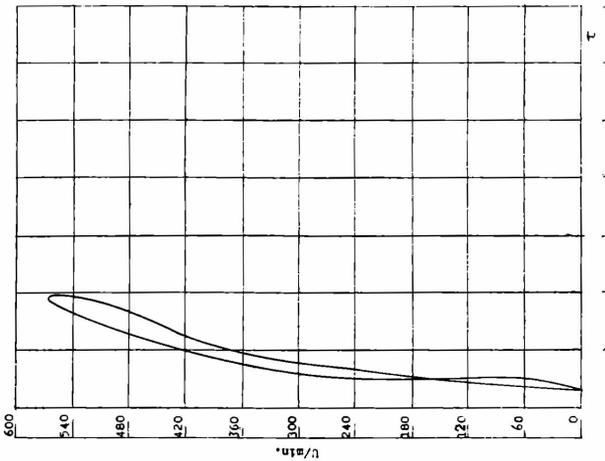
Anschrift der Verfasser: Ing. Dr. B. Drábek, Ing. V. Komendová, Vyzkumny ustav vodohospodářsky, Brno, Drevařska ul. 12, ČSSR.

Tabelle Nr. 1

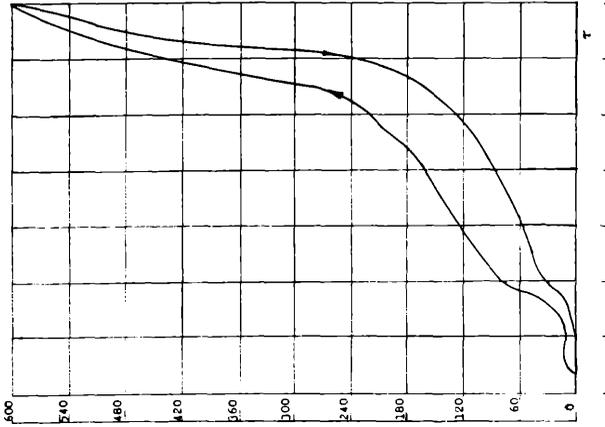
Nr.	Entnahme-stelle	Schlammart	spez. Gew. g/cm ³	Sand in Vol. %	Wassergehalt in %	Viskosität cP (EMILA)	Schub-spannung mg/cm ²		Thixotropie mg/cm ²	Druckfiltrat. in ml
							1	10		
Organische Schlämme										
1	Roztoky bei Prag	roh (aus Dorr)	1,0	1,0	97,1	6,0	6,39	6,39	0	9,0
2	Lískovec bei Brno	teilweise ausgefaut	—	6,0	81,2	44,0	166,24	182,22	15,98	7,0
3	Modřice- Kläranlage	ausgefaut	—	1,0	97,4	9,0	25,57	31,97	6,40	19,0
4	detto	ausgefaut	—	3,0	92,3	6,0	9,59	9,59	0	44,0
5	Teplice- Schlachthaus	ausgefaut	1,0	2,5	96,6	4,0	3,19	6,39	3,20	15,0
Anorganische Schlämme										
6	Branany-er Bentonit	Suspension 5%	1,03	—	—	4,0	0	9,59	9,59	10,0
7	detto	10%	1,07	—	—	10,0	38,36	60,74	22,38	8,0
8	detto	„ 15%	1,10	—	—	15,0	111,89	147,00	35,11	5,0



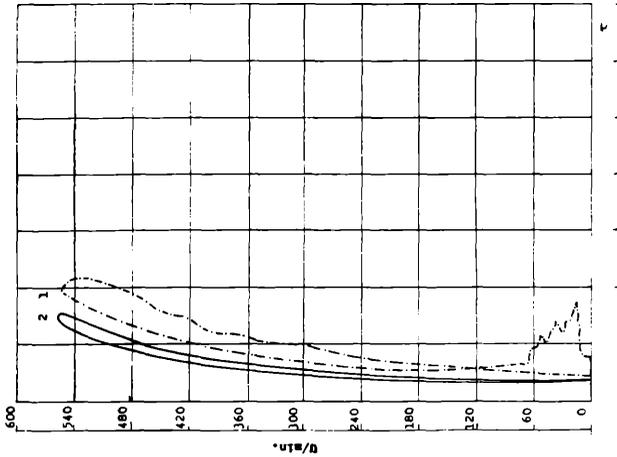
Automatisches Rotations-Viskosimeter



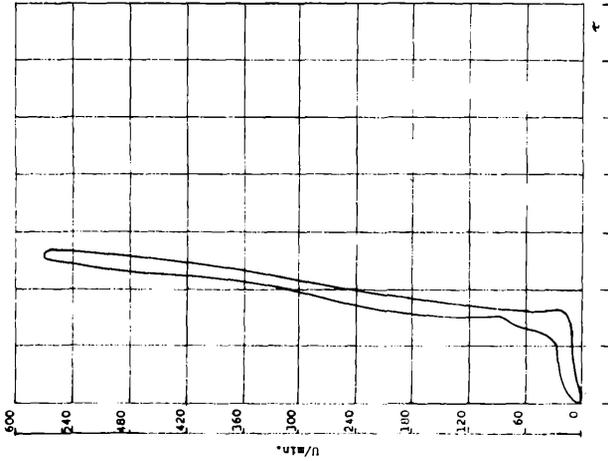
Rheogramm Nr. 1
Rohrer Schlamm (aus Dorr)
(Thixotropie = 0 mg/cm²)



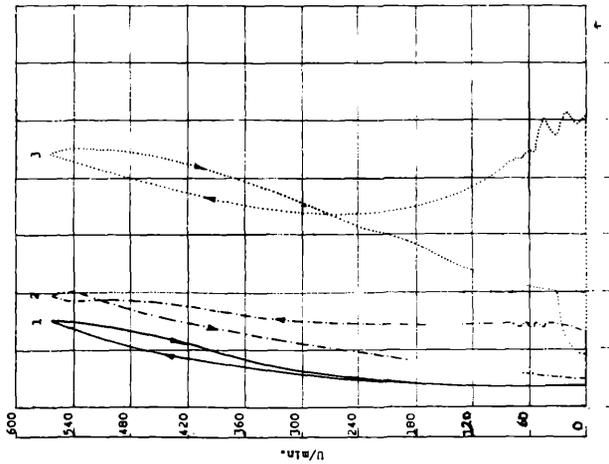
Rheogramm Nr. 2
Teilweise ausgefallter Schlamm
(Thixotropie = 15,98 mg/cm²)



Rheogramm Nr. 3
Ausgefällter Schlamm
1 (Thixotropie = 6,40 mg/cm²)
2 (Thixotropie = 0 mg/cm²)



Rheogramm Nr. 4
Eiweißstoffhaltiger Schlamm
(Thixotropie = 3,20 mg/cm²)



Rheogramm Nr. 5
Thixotroper Lehm

- 1 Lehm — 5 Gew. (Thixotropie = 9,59 mg/cm²)
- 2 Lehm — 10 Gew. (Thixotropie = 22,38 mg/cm²)
- 3 Lehm — 15 Gew. (Thixotropie = 35,11 mg/cm²)

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Östreicher

Ich möchte zu den Ausführungen des Herrn Ing. Busse noch etwas hinzufügen: Er hat in seinem Vortrag über die Schlammmentwässerung mittels Druckfilters berichtet. Ich möchte auf einen Bericht der Emschergerossenschaft hinweisen, der in der Zeitschriftkorrespondenz Abwasser Nr. 1 ds. Jg. erschienen ist und aus der Feder des Herrn Baumeisters Dr. Knop stammt. Im selben Heft, das in dieser Hinsicht sehr interessant ist, befindet sich auch ein Artikel über eine Anlage auf der Raffinerie Hamburg-Harburg der Deutschen Shell-AG. Nach einem Verfahren, das die Shell selbst entwickelt hat, erfolgt die Schlammmentwässerung in beheizten Kammerfilterpressen. Dazu wäre noch zu sagen, daß Herr Dir. Liepolt heute darauf hingewiesen hat, daß es interessant wäre, auch kleinere Anlagen zu schaffen, die für die Entwässerung des Schlammes kleiner Städte in Frage kommen.

Gestern hat Herr Dipl.-Ing. Lengyel über Ausfaltung des Schlammes gesprochen. Da es derzeit keine wirtschaftlichen Verbrennungsöfen für Anlagen unter 100.000 EW gibt, bleibt die maschinelle Schlamm-trocknung nur dort überhaupt interessant, wo wir Möglichkeiten haben, diesen Schlamm anders zu verbrennen. Doch haben wir in verschiedenen Städten Österreichs Fernheizwerke errichtet, die uns einerseits die Asche, die wir brauchen, andererseits die getrockneten Kuchen aufnehmen können. Es wird daher bei der künftigen Planung solcher Anlagen doch nötig sein, Gegebenheiten dieser Art zu berücksichtigen.

Wenn wir Frischschlamm trocknen, ist das hygienische Problem nicht beseitigt. Durch die Schlammfäulung haben wir einerseits die Bereinigung in dieser Hinsicht und andererseits die Möglichkeit, die im In- und Ausland immer stärker ausgenützt wird, aus dem Gasanfall den Energiehaushalt einer biologischen Anlage ganz oder zeitweilig zu decken. Diese Kosten sind jetzt nicht unerheblich. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß Frischschlamm sich weniger stark eindickt als ausgefauter Schlamm.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Thomas (Frankfurt):

Den ausgefauten Schlamm müssen wir mit biologischem Schlamm zusammen betrachten. Die Summe von Faulschlamm mechanischer Klärung und biologischem Schlamm macht oft Schwierigkeiten. Frischschlamm ist meist konzentrierter als Faulschlamm.

Liepolt:

Wenn die Abwassertechnik Anlagen baut, deren Betriebskosten niedrig gehalten werden können, läge dies natürlich sehr im Interesse der Gemeinden und würde die Bestrebungen zur Gewässerreinigung nur fördern.

Dosedla:

Welche Eigenschaften hat das abgepreßte Wasser und was geschieht damit?

Östreicher:

Das Wasser ist ganz klar im Gegensatz zu früheren Verfahren, wo man versucht hat, mit Schleudern zu arbeiten. Es sind mehrere Verfahren im Kommen.

Thomas

Zur Frage des Zentrifugats, die Sie angeschnitten haben, und zu den Versuchen, die früher in Stuttgart gemacht wurden, ist zu sagen, daß gerade diese Kombination Zentrifuge—Filterpresse, Zentrifuge—Drehfilter, den Nachteil der Zentrifuge, daß sie ein feststoffhaltiges Zentrifugat von 4% Feststoffen liefert, aufhebt, indem sie dann dieses Zentrifugat filtriert. Bei der Druckfiltration und bei der Vakuumfiltration liegt es immer so, daß die Druckfiltration stets ein saubereres Filtrat liefert als die Vakuumfiltration. Muß die Vakuumfiltration ein so sauberes Filtrat liefern wie die Druckfiltration, dann muß man eine sehr niedere Filterleistung auf dem Drehfilter haben. Von der Filterpresse her darf man verfahrenstechnisch sagen, daß hier Unterschiede zwischen Feststoffgehalten von 10 mg/l und 50 mg/l keine so wesentliche Rolle spielen.

Die gelösten Anteile, die Sauerstoff verbrauchen, sind bei beiden Filtrationen gleich groß. Sie liegen größenordnungsmäßig zwischen 2000 und 10.000 mg/l BSB. Auch der Kaliumpermanganat-Verbrauch ist sehr hoch, und es sind Verfahren in Entwicklung, durch Vor- oder Nachbelüften dieser Filtrate ein sauerstoffangereichertes Filtrat in den Vorfluter einzuleiten. Wir dürfen nicht vergessen, daß das Mengenverhältnis von zulaufendem Wasser und Filtrat 1 : 1000 steht. Wir haben also nur ein Tausendstel des Filtrats, das wir dann wieder zurückführen und biologisch aufbereiten, so daß auch die pathogenen Keime, die vorher schon drin waren, mit aufbereitet werden.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Lengyel:

Ich glaube, daß die Frage, ob Frischschlamm- oder Faulschlammbehandlung, auch von der ästhetischen Seite betrachtet werden soll. Die Herren, die morgen bei der Exkursion sein werden, werden in Baden einen Frischschlamm sehen. Bei allen Verfahren, auch bei den automatischen, muß in der Umgebung der Maschine manipuliert werden. Ich sehe den Vorteil der Schlammfäulung auch darin, daß der Faulraum einen gewissen Pufferraum darstellt, wenn einmal das maschinelle Verfahren, das kontinuierlich durchgeföhren wird, aus irgendeinem Grunde stillgelegt wird. Es spielt dann gar keine Rolle, wenn ich den Schlamm 14 Tage lang in den Faulraum einleite und speichere. Erst wenn die Vorteile der Frischschlammbehandlung so groß sind, daß sie die Schlammfäulung ausschließen, kann man darüber reden.

Thomas:

Diese Frage wird von allen Kunden gestellt, wo über Frischschlamm- und Faulschlammaufbereitung diskutiert wird. Wir wissen, daß die Einrichtungen zur Schlamm-entwässerung, bestehend aus Zentrifuge, Drehfilter, Filterpresse oder Ofen so geschaffen sind, daß im allgemeinen eine Störung von nicht länger als einem Tag notwendig wäre. Viele Kunden sagen, ich fahre zweigleisig, baue mir einen Faulturn und habe dann die Gewähr, jederzeit auf den Faulturn zurückgreifen zu können. Die Geruchsbelästigung bei unserer neuen großtechnischen Versuchsanlage, die wir seit Weihnachten in Betrieb haben, ist nicht größer, als bei jeder mechanischen Klärstufe. Sie kommt nicht vom Ofen her, sondern von der Entwässerung, Filtration und Zentrifugation. Von der verfahrenstechnischen Seite her plädieren wir sehr stark für Frischschlammbehandlung, aber es ist nicht leicht, sie durchzusetzen.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Vrijburg:

Die Schlammprobleme in Holland treten hauptsächlich bei kommunalen Kläranlagen auf. Wir haben bisher immer nur Faulräume und Trockenbeete verwendet, doch befriedigt diese Methode nicht mehr ganz. Die Ursache ist das Wirtschaftswunder, denn man findet keine Arbeiter mehr zur Räumung der Schlammbeete. In Holland sind jedoch jetzt zwei Anlagen im Bau, in welchen man die Schlammfrage mechanisch lösen wird. Der Frischschlamm soll auf Vakuumfilter unter Zusatz von Kalium- und Eisensalzen filtriert werden. Man bekommt dann einen Filterkuchen, womit das Problem aber noch nicht gelöst ist, insbesondere in Belebtschlammanlagen, wo der Filterkuchen sehr oft nur einen Trockengrad von 20% Wasser aufweist. Wir haben deshalb die Frischschlammfiltration gewählt, weil sich in ausführlichen englischen Untersuchungen gezeigt hat, daß man dabei weniger Chemikalien braucht, als bei Faulschlammfiltration. Außerdem spart man die Kosten der Faulräume, verzichtet allerdings auf die Gasgewinnung. Bei der einen Anlage will man den Filterkuchen mit Hausmüll kompostieren, bei der anderen haben wir eine Braunkohlengrube, zu welcher der Filterkuchen hintransportiert wird. Der Filterkuchen stinkt nicht — der gebrannte Kalk verhindert dies — und er zerfließt auch nicht. Mit diesen beiden Anlagen wollen wir Erfahrungen sammeln. Die Filtration wird auf Komleinfiltren durch-

geführt, das ist kein Tuchfilter, sondern als Filtrationsunterlagen dienen enggedrehte Metallschrauben, die sehr gut wirken sollen.

L e n g y e l :

Ich möchte nur kurz darauf hinweisen, daß die Kompostierung bei uns in Österreich nicht gefördert wird, da die sehr leistungsfähigen Österreichischen Stickstoffwerke Dünger so günstig abgeben, daß Schlammkompostierung unrentabel wäre.

D I S K U S S I O N S N A C H M I T T A G

S u r i t s c h :

Ich möchte damit beginnen, das Augenmerk der hier Versammelten darauf zu lenken, daß die Kanalisation primär davon ausgeht, das Abwasser von den Häusern und Wohnungen wegzubringen. Die Kanalisation ist daher — verstehen Sie mich nicht falsch — keine Maßnahme zur Gewässerreinigung. Im Rahmen der Kanalisation wird natürlich auch die möglichst günstige Ableitung beachtet werden müssen. Die Seenschutztagung in Gmunden hat gewisse Richtlinien zur gefahrlosen Einleitung von Abwässern in Seen aufgestellt. Bei Seen müssen die Richtlinien besonders streng sein, doch es kommt mir vor, daß die Abwasserreinigungsforderungen, wenn die Einleitung in größere Fließgewässer gehen soll, etwas überspitzt sind. Prof. Pöninger hat in einem Artikel darauf hingewiesen, daß die wesentlichste Reinigung, die überall vor sich gehen soll, die mechanische Reinigung ist. Die biologische Reinigung ist nur dort angebracht, wo der Vorfluter diese biologische Reinigung nicht mehr durchführen kann. Er hat also gemeint, mit den wenigen zur Verfügung stehenden Mitteln soll möglichst viel an mechanischer Reinigung durchgeführt und die biologische Reinigung etwas zurückgestellt werden, soweit es tragbar ist. Durch die viele Propaganda, die für den Gewässerschutz gemacht wird, habe ich den Eindruck, daß viele Reinigungsmaßnahmen vorgeschrieben sind, die sehr viel kosten und die vielleicht im Augenblick gar nicht erforderlich sind. Bei der Ortskanalisation sollte ebenso wie bei der industriellen Abwasserbeseitigung ein stufenweiser Ausbau vorgeschrieben werden. Dies könnte vielleicht schon in der Vorschreibung der Wasserrechtsbehörde zum Ausdruck kommen. Ich denke hier z. B. an einen Fall, wo ein gletscherwasserführender Wildbach in einer tiefen Schlucht fließt und jeden Menschen, der hineinfällt, zermalmen würde. Hier wurde für eine Siedlung von 500 Menschen mit $\frac{1}{2}$ l/s Abwasser eine Klärung vorgeschrieben.

D I S K U S S I O N S N A C H M I T T A G

L i e p o l t

Ihre Worte geben zu denken, und in Fällen, wie dem angeführten, mögen Sie recht haben, wenn eine genügende Selbstreinigung bis zur unterhalb befindlichen Wassernutzung erfolgt. Man muß aber auch bedenken, daß die Einleitung aus einer Kanalisation den Vorfluter plötzlich ganz anders beansprucht, als einzelne häusliche Einleitungen den Fluß entlang. Durch die mechanische Anlage wird außerdem nur etwa ein Drittel der Verunreinigung zurückgehalten. Auch das hygienische Moment ist zu bedenken und ob eine weitgehende Reinigung nicht doch für das Gemeinwohl, den Gemeingebrauch zwingend notwendig ist.

L e n g y e l

Ich habe dies so verstanden, daß nicht gerade der Einzelfall, der wasserrechtlich verhandelt wird, betrachtet werden soll. Gerade bei den Landeshauptstädten, die keine Reinigungsanlage haben, wäre es besser, man würde zuerst das Kanalnetz und die großen Sammler ausbauen und mechanisch reinigen, statt eine biologische Anlage zu bauen, wenn das Geld für die Kanalisation fehlt, wobei die Kanalisation das Teuerste ist. Es ist besser, das Geld aufzuwenden, um alle größeren Orte und Städte an einem Fluß zu kanalisieren und mechanisch zu reinigen und so den Fluß zu sanieren, als in einer Stadt biologisch zu reinigen und in den übrigen Orten nicht einmal mechanisch.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Bernhart:

Man spricht meist nur von den Landeshauptstädten, der Bundeshauptstadt und sehr großen Orten, also von ungefähr einem Drittel der Bevölkerung, vergißt aber immer wieder, daß soundsoviele Sorgen draußen auf dem flachen Land entstehen. Wenn man nun dem entgegenhält, daß dies oft ja nur ein kleiner Bach sei, so muß man dennoch bedenken, daß für Leute, die an einem kleinen Bach leben, dieser manchmal viel gefährlicher sein kann (z. B. durch pathogene Keime), als es etwa die Donau ist. Ich stimme auch mit Herrn Sekt.-Rat Suritsch durchaus überein, daß man an einen stufenweisen Ausbau denken sollte. Wir sind doch heute schon froh, wenn man überhaupt einmal das Abwasser vom Hause wegbekommt und kanalisieren kann. Die nächste Stufe ist gegeben, wenn wir eine mechanische Kläranlage vorfinden, wieder eine weitere, wenn wir dann — und das ist in mehr Fällen notwendig, als gedacht wird — eine biologische Reinigung haben, und ganz zuletzt kommt das Schlammproblem. Dieses ist dort nicht so kraß, wie es den Anschein hat, denn es gibt trotz der Stickstoffwerke noch sehr viele Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Nutzung mit Kompost. Es ist dies nur eine Frage der Einführung. Man möge doch diese kleinen Verhältnisse, mit denen man nicht viel Staat machen und worüber man keine Vorträge halten kann, sanieren.

Pausa

Zu den Problemen, die Herr Sekt.-Rat Suritsch angeschnitten hat, möchte ich sagen, daß man sie nicht nur von der technischen Seite her betrachten darf, sondern auch von der finanziellen und juristischen. Juristisch ist es sehr schwer, als Wasserrechtsbehörde einen stufenweisen Ausbau vorzuschreiben. Der Jurist steht auf dem Standpunkt, einer bekommt ein Recht und das bekommt er als Ganzes; das Recht kann nicht geteilt werden, daher muß man bei der Verhandlung gleich festlegen, was letzten Endes gemacht werden muß. Man kann nicht sagen, daß vorerst mechanisch gereinigt werden soll und wenn dann Geld vorhanden ist, biologisch. Das ist in Österreich nicht durchzubringen. Denn wenn eine Gemeinde das Geld für die Kanalisation aufbringt, dann müssen wir glücklich sein, wenn die Gemeinde eine biologische Klärung macht, denn die Gemeinde gibt das Geld nicht einer anderen Gemeinde, damit sie auch eine mechanische machen kann. Für kapitalstarke Gemeinden bekommt man Kredite und Geld aus Fonds, weil sie ja einen Prozentsatz an Geld haben. Eine andere Gemeinde bekommt gar nichts. Wir haben auch kein gesetzliches Recht, einer Gemeinde das Geld für den Ausbau in einer anderen Gemeinde wegzunehmen. Eine Gemeinde baut leichter einen Kanal als eine Kläranlage, daher sind wir oft schon so weit, daß wir zuerst die Kläranlage bauen, denn für den Kanal bringt die Gemeinde das Geld dann eher auf. Es zeigt sich also, daß die Frage der Verschiebung des Geldes und des stufenweisen Ausbaues sehr schwer zu behandeln ist. Für eine Wasserleitung z. B. geben die Leute noch Geld aus, weniger für die Kanalisation. Wie mein Vorredner erwähnt hat, sind nicht 20.000 Einwohner das Problem, sondern 2000! Denn die Stadt Wien hat z. B. finanziell leichter die Möglichkeit die Klärprobleme zu lösen, als eine kleine Gemeinde mit 1000 Einwohnern, die keine Industrie hat.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Payr

Auf die Abwässereinleitung und Gewässerreinigung bei kleinen Gewässern ist ebenfalls großer Wert zu legen, weil an kleinen Gewässern wesentlich mehr Gemeingebrauch geübt werden kann und geübt wird als an großen Flüssen und ein schlechter Gewässerzustand solcher kleiner Gewässer allgemeiner fühlbar wird (Fremdenverkehr, Kinderspiel, Viehtränke usw.). Bei Fremdenverkehrs- und Wintersportzentren im Hochgebirge muß zur Verhinderung unästhetischer Mißstände und Gewässerverunreinigungen zur Abwasserreinigung in Zentralkläranlagen geschritten werden. Eine Naßschlammabfuhr ist wegen der meist weiten und steilen Wege ins

Tal praktisch schwierig und unwirtschaftlich. Aber auch der Trockenschlamm von Schlamm-trockenplätzen muß wegen der tiefen Lage der Zentralkläranlage erst mit Karren oder Güterseilzügen zu den Almangern hochgezogen werden, sofern überhaupt solche in der Nähe vorhanden sind. Die Wartung einer Sammelkläranlage in Hochlagen im Winter ist äußerst problematisch, einerseits wegen der großen Schneelage, andererseits, weil man auch bei der unvermeidlichen Nähe eines Skisportgeländes Maßnahmen treffen muß, daß die eingeschnellte Umzäunung durch bewegliche Provisorien doch deutlich erkennbar bleibt.

Lie p o l t :

Dazu wäre zu bemerken, daß man auch am Dachstein gezwungen war, Tropfkörper zu errichten, sogar in der Gletscherregion. Der Schlamm kann nicht heruntergebracht werden, er muß oben bleiben. Eine Desinfizierung wurde vorgeschrieben. Der Tropfkörper am Krippenstein funktioniert gut, jener auf der Gjaidalm weist technische Mängel auf.

L e n g y e l :

Herr OBR Payr, ist es nicht möglich, bei einem derartigen Hotelbetrieb mit einer wirklich guten mechanischen Reinigung und einem 24-Stunden-Ausgleich auszukommen und die biologische Reinigung nicht zu machen? Dann haben Sie natürlich nur den halben Schlamm.

P a y r

Das wollten wir erst auch, aber die Vorflut dient vollständig zur Wasserversorgung, und das Bachbett liegt trocken, daher keine Verdünnung.

D I S K U S S I O N S N A C H M I T T A G

B e r n h a r t :

Wir haben ähnliche Verhältnisse auf der Tauplitz. Dort machen wir die Abwasserreinigung nicht auf der Alm oben, weil die Beseitigung des Schlammes dort überhaupt unmöglich ist, Das Abwasser wird ungereinigt in einem hoffentlich dichten Kanal zu Tal gebracht, wo man sich dann mit einer mechanischen Reinigung wird zufrieden geben können.

Ich glaube nicht, daß man juristisch ein Stufenprogramm nicht verwirklichen kann, sondern es wird doch bei uns des öfteren praktiziert, daß man die Stufen durch die Baufrist zum Ausdruck bringt. Wir sind in der Lage, Baufristen bis zu zehn Jahren zu geben, und es würde doch keinem Anstand unterliegen, etwa für die mechanische Reinigung eine Baufrist von zwei oder drei Jahren zu setzen und für die biologische Reinigung eine Baufrist von sieben oder acht Jahren. In der Zeit dazwischen hat die Gemeinde wieder etwas Zeit gehabt zu verschlafen. So haben wir unter voller Wahrung der Rechte und ohne das Recht zu vergewaltigen einen stufenweisen Aufbau erreicht.

P a u s a

Daß man der Gemeinde durch Baufristen Zeit läßt, dem ist zuzustimmen. Ich habe es vorerst so aufgefaßt, daß man zuerst eine mechanische Reinigung vorschreibt und erst wenn Schwierigkeiten auftreten, zusätzlich eine biologische Klärung verlangt.

L e n g y e l

In Wiener Neustadt war auch eine biologische Anlage vorgesehen. Wir haben sie projiziert, und im Jahre 1956 haben wir gesagt, sie wird ungefähr sechs Millionen Schilling kosten. Es war damals sehr schwierig, die Gemeindeväter dazu zu bringen, der Kläranlage zuzustimmen. Wir haben sie damals bewußt etwas unterschätzt, sie kostet jetzt elf Millionen Schilling, sehr zu unserem Leidwesen. Aber wenn wir damals gesagt hätten, sie kostet fünfzehn Millionen Schilling, dann hätten wir heute in Wiener Neustadt keine Kläranlage, und die 1913 bewilligte Einleitung würde weitergehen.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Bilewicz:

Es ist schon mehrmals gesagt worden, daß es rechtlich nicht möglich ist, zuerst eine mechanische Kläranlage vorzuschreiben und dann eine vollbiologische. Vielleicht war dies bis zur Rechtskrafterwachsung der Wasserrechtsnovelle nicht möglich, aber diese Novelle ist ja gerade deshalb gemacht worden, damit dem Amtstechniker und dem Jurist mehr Handhaben für die Trinkwasserbeschaffung und die Abwasserbeseitigung gegeben sind, und man kann ohne weiteres jetzt den Passus „unter dem Vorbehalt späterer Vorschriften“ hineinnehmen. Damit ist gemeint, daß später noch die erforderlichen Folgemaßnahmen durchzuführen sind, wenn sich die Anlage als zu klein erweist oder durch Hinzukommen von Industrie andere Bedingungen und Verhältnisse auftreten.

Pausa

Aber doch nur unter der Voraussetzung, daß sich etwas ändert. Ich muß als Amtssachverständiger von vornherein sagen, wie die Situation ist. Will ich etwas zulassen, muß ich so oder so vorschreiben. Wenn sich dann die Erweiterung, z. B. einer Stadt — eine normale Erweiterung muß gleich mitkalkuliert werden —, stark ändert, dann kann ich es auch nachher vorschreiben. Aber wenn sich nichts ändert an der Sache, außer, daß die Gemeinde kein Geld hat, dann muß ich doch von vornherein das ganze Problem behandeln.

Griniger:

Wir haben in Kärnten natürlich verschiedene Abwasser- und Schlammprobleme, doch ein Problem beschäftigt uns am vordringlichsten: die Reinhaltung der Seen. Unsere Seen sind als Badeseen wegen ihres warmen Wassers besonders prädestiniert. Dadurch haben wir auch viel Fremdenverkehr: die Nächtigungsziffer des Vorjahres war z. B. zwei Millionen. Unsere Seen sind aber, im Gegensatz zu den Salzkammergutseen, auch dadurch gekennzeichnet, daß sie sehr schlecht durchflossen sind. Ihr Wasserinhalt erneuert sich erst in langen Zeiträumen, wodurch die Gefahr einer Überdüngung gegeben ist. Das hat sich auch am Wörthersee besonders deutlich gezeigt: im heurigen Frühling war die ganze Wörtherseeoberfläche nach dem Auftauen des Eises durch das Algenwachstum blaßrosa gefärbt. Diese Algen sind wohl durch Wind und Wellen wieder verteilt worden und haben sich an der Uferregion gesammelt. Man hat auch versucht, sie zu beseitigen. Alle Orte am Ufer des Wörthersees haben Einzelkläranlagen und keine zentrale Kanalisation. Obwohl streng darauf geachtet wird, daß keine Abwassereinleitung direkt in den See geht, kommt das Abwasser doch mehr oder minder gefiltert über den Untergrund in den See. Die Gemeinde Velden hat sich als erste dazu entschlossen, den Entwurf für eine Zentralkanalisation machen zu lassen, die eine Überführung der Abwässer der Gemeinde in die Drau vorsieht. Es ist an einen Verband der Gemeinden und Orte gedacht, damit die Abwässer vollkommen aus dem Einzugsbereich des Sees kommen. Die Kosten für die Kanalisation und Abwasserreinigung der dem Verband angeschlossenen Orte werden 250 Millionen Schilling betragen, ohne Velden. Die Finanzierung wird sehr schwierig sein.

DISKUSSIONSNACHMITTAG

Längle

Für den Bodensee besteht die Vereinigung für den Schutz des Bodensees. Die Chemiker des Verbandes weisen nach, daß die Phosphate und Sulfate nicht so sehr durch die ufernahen Gemeinden als durch die in den See mündenden Vorfluter eingebracht werden. Im Augenblick sind diverse Untersuchungen im Gange, die klären sollen, inwieweit das Phosphat aufgeteilt ist, gebunden, organisch oder anorganisch gelöst, und wieweit das nun auf Einbringung von Abwässern aus der Industrie bzw. aus Siedlungen zurückgeführt werden kann und inwieweit es aus Bodenabschwemmungen herkommt. Bevor diese Frage nicht abgeklärt ist, können wir als Techniker nicht vorschreiben, ob wir uns mit einer ersten oder zweiten Reinigungsstufe zufrieden

geben werden können. Es ist bei uns auch insofern schwierig, da wir ein Grenzland sind, und obwohl wir Vorarlberger — was das Trinkwasser betrifft — vom See mehr oder weniger unabhängig sind, so nehmen doch die Schweizer und auch die deutschen Gemeinden (ich denke hier an die Trinkwasserversorgung für Stuttgart aus dem Bodensee) alle Einleitungen streng unter die Lupe, und Vorarlberg wird sich den Erfordernissen und Gepflogenheiten des süddeutschen Gebietes und der Schweiz anschließen müssen. Für Bregenz verlangt der Wasserrechtsbescheid zwar nur eine mechanische Klärung, doch sind anschließende Untersuchungen vorgeschrieben, die erweisen sollen, ob auch eine dritte Stufe erforderlich ist.

V o g l e r

Das Gesetz für den Gewässerschutz ist notwendig, aber ebenso notwendig sind die Gewässeraufsichtsorgane. So sollte z. B. ein Mann, der mit dem Gewässerschutz beauftragt ist, periodisch die Bäche und Flüsse abgehen, Kontrollen und Untersuchungen durchführen und die Ergebnisse an die Aufsichtsbehörde einschicken. Es wäre dann vielfach möglich, schon die Anbahnung einer Katastrophe zu erkennen.

D I S K U S S I O N

zu den Vorträgen G. Thomas und Busse

Z w i e b

Wieweit kann die bei der Müllverbrennung gewonnene Energie zur Deckung des Energiebedarfes bei der Schlammverbrennung herangezogen werden?

T h o m a s

Zum Thema Schlamm-Müll-Aufbereitung wäre zu sagen, daß dieses Problem besonderer Überlegung bedarf. Im allgemeinen ist es so, daß die Schlammfeststoffe etwa ein Zehntel bis ein Fünftel der Müllfeststoffe ausmachen, so daß man also in Wirklichkeit eine Müllverbrennungsanlage hat, bei der man Schlamm zugibt. Im vorliegenden Fall, der hier erwähnt wird, liegt die Sache anders. Dort fällt der Schlamm aus einem Zweckverband von drei Gemeinden an, der Müll nur von einer Gemeinde. Wenn man eine Schlamm-Müll-Verbrennungsanlage bauen will, so soll man das nur so machen, daß man den Anteil an Müll, der sich in der Nähe der Schlammaufbereitungsanlage befindet, der Schlammaufbereitungsanlage zuführt, dort einen Teil der Energie dadurch einspart und den anderen Müll — besonders bei Großstädten — in einer zentralen Müllverbrennungsanlage verbrennt und eventuell Energie gewinnt.

L e n g y e l

Dazu ist ein Empfehlung der AKA (Arbeitsausschuß für kommunale Abfallwirtschaft) interessant, die besagt, daß man zunächst Müllverbrennungsanlagen und Schlammverbrennungsanlagen beherrschen muß, bevor man eine gemeinsame Verbrennung anstrebt.

T h o m a s

Darf ich vielleicht noch sagen, daß man bei kleinen Anlagen, wie wir von Herrn Busse gehört haben, wo die Schlammaufbereitungsanlagen so groß sind, daß man den Müll dazunehmen kann, dann beide gemeinsam verbrennen kann.

Ö s t e r r e i c h e r :

Wie hoch sind die Anlage- und Betriebskosten beim Lurgi-Ascheverfahren?

T h o m a s

Die Betriebskosten liegen zwischen 4 und 8 DM pro m³ eingedicktem Schlamm, 9 bis 10%. Und die Anlagekosten richten sich oft nach dem Verlangen der Kunden, so war z. B. in Stuttgart die große Halle nicht notwendig, diese wurde aus anderen Gründen gewünscht. Die Stuttgarter Anlage kostete im maschinellen und apparativen Teil ca. 2 Mill. DM, die Bauteile dazu noch etwa 1 bis 1,5 Mill. DM, während die Ehinger Anlage ungefähr 1 Mill. für den maschinellen Teil beanspruchte. Die Ehinger Anlage ist für 120.000 Einwohnergleichwerte und die Stuttgarter für ungefähr 600.000 E. Ergänzend dazu könnte ich noch sagen, daß wir in Ehingen derzeit nur Frischschlamm verbrennen und bis jetzt keine Schwierigkeiten wegen einer Geruchsbelästigung bekommen haben. Ich glaube jedoch, daß man in allen Fällen, wo der Müll nicht mitverbrannt wird, um die Frischschlammaufbereitung in Zukunft nicht herumkommen kann.

B u s s e

Die Passavant-Werke nehmen mit Jahresende auch eine Frischschlammanlage in der Schweiz in Betrieb, und es wird interessant sein, welche Ergebnisse da anfallen werden. Es wird Primärschlamm ohne biologische Aufbereitung für eine Stadt von 150.000 Einwohner verarbeitet.

L i e p o l t

Sind auch Verfahren für kleinere Gemeinden bekannt, z. B. mit 10.000 bis 20.000 Einwohner?

B u s s e :

Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage liegt in ihrer kontinuierlichen Beschickung; wo diese nicht gegeben ist, z. B. bei kleinen Gemeinden, ist sie daher unzumutbar.

L i e p o l t

Man muß jedoch auch der Volksgesundheit Opfer bringen und selbst bei Unwirtschaftlichkeit einer Anlage die Abfälle wegschaffen, so daß diese nicht mehr in die Gewässer kommen.

D I S K U S S I O N zum Vortrag Dr. E. Thomas

L a n s e r :

Ein kleiner Nachtrag zur Frage der Messung der Schlämme: Man spricht von der Messung von Volumseinheiten, von Gramm und dergleichen. Die Sache ist jedoch nicht ganz einfach. Ich glaube, man müßte sich — vor allem bei einem Schlamm, der im wesentlichen aus anorganischen Stoffen besteht — doch zu einer einheitlichen Meßmethode oder Maßeinheit durchringen, damit die Messungen miteinander vergleichbar bleiben. Also weder nach Volumprozenten noch nach anderen Prozenten, sondern doch nach Gramm. Drei verschiedene Einheiten sind festzustellen: das Feuchtraumgewicht, das fiktive Trockengewicht, welches man erhält, wenn man aus der gleichen Menge das Volumen Wasser austreibt, und drittens das spezifische Gewicht der Gesteinsmasse. Wenn natürlich organische Bestandteile dabei sind, ist es etwas komplizierter, der dritte Wert ist dann schwierig festzustellen. Ich glaube aber doch, man müßte eine einheitliche Schlammmessung durchführen, um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen.

T h o m a s :

Es ist sehr wichtig, die Methoden zu vereinheitlichen, um dann die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können. Das Beispiel des Schlammes ist allerdings ein etwas schwieriges. So ist z. B. ein Seeschlamm an sich ja meist ziemlich homogen, wenn es sich um Tiefenschlamm in 20 und mehr Meter Tiefe handelt. In der Uferregion wird die Sache jedoch schwieriger. Da haben wir z. B. Schilfufur, mit erdigem, ganz feinem Schlamm, wir haben sandige Ufer, steinige Ufer, und es ist hier sehr schwer, überhaupt eine Methode zu finden, die Vergleiche erlaubt.

L i e p o l t

In den meisten Fällen wird es erforderlich sein, auch den Anteil an organischer Substanz festzustellen, mit Angabe der Methodik.

K n i e

Wenn ich mit einem Schlammgreifer Schlamm heraufhole und es rinnt beim Heraufholen die Hälfte des Wassers aus, dann hat es doch keinen Sinn, ein Volumsgewicht zu bestimmen.

L i e p o l t :

Das liegt dann an der Methodik. Man darf natürlich nur Schlämme vergleichen, die sachgemäß mit einem geeigneten Entnahmegerate gewonnen sind.

L a n s e r

Die Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde hat vor vielen Jahren ähnliche Schlammammelkästen aufgestellt, wie sie hier beschrieben worden sind, allerdings weniger zum Zwecke einer chemischen Analyse, als zum Zwecke einer quantitativen Bestimmung, um festzustellen, wieviel sich in einem See absetzt. Es hat sich gezeigt, daß sich in solchen Seen nur sehr wenig absetzt. Diese Untersuchungen waren auch geologisch interessant, weil sie Aufschlüsse über das Alter solcher Seen geben.

Andererseits zeigte sich, daß diese Schlämme so locker gelagert sind, daß ein Senkblei tief einsinkt und daß ein Lot gar nicht Fuß fassen kann. Auch hier war ein Vergleich sehr schwer, weil das Volumen eines so locker geschichteten Schlammes keinen Vergleichsmaßstab gibt. Ein Greifer ist dann, wie Dr. Knie richtig bemerkte, hier nicht das richtige Entnahmegesetz, und man müßte schon ein Schöpfgefäß nehmen, das keinen Wasserverlust gibt. Man bestimmt dann zunächst 1 cm³ Volumen, dann trocknet man diese Menge bei über 100° und bestimmt das Trockengewicht dieser Masse, das in feuchtem Zustand 1 cm³ einnimmt. Das ist jedenfalls ein einheitlicher und vergleichbarer Maßstab, der ja doch auch noch die organische Substanz mitenthält. Erst beim Glühverlust geht die organische Substanz — allerdings auch andere Substanzen — verloren. Aber das Trockengewicht einer Masse, die in feuchtem Zustand 1 cm³ einnimmt, ist doch eine streng vergleichbare Maßeinheit.

Liepolt:

Liegen Untersuchungen über das Ausmaß der Mineralisation an Algen während ihres Sinkens in einem bestimmten Zeitraum und in bezug auf die Temperatur vor? Wir haben aus den Bildern mit Interesse entnommen, daß *Oscillatoria rubescens* wenigstens teilweise bis zum Seeboden absinkt, also weder zur Gänze aufgefressen noch von Bakterien zersetzt wird, daß sie also aktiv zur Schlammanreicherung beiträgt. Wir wissen aber, daß andere Algen und auch Zooplankton in genügend temperierten und tiefen Seen während des Absinkens mineralisiert werden, so daß dieses Plankton, bis auf Schalenreste, nicht mehr den See bereichert. Das Sediment ist in solchen Fällen mehr anorganisch. Dieser Frage kommt im Hinblick auf die fortschreitende See-Eutrophierung eine besondere Bedeutung zu. Es ergibt sich daraus noch ein weiteres Problem: Man hat aus den Ausführungen sehr schön entnommen, daß gerade zur Sommerstagnationszeit, also zur Zeit der strengen Schichtung, das spezifisch schwere Plankton in beträchtlichem Ausmaße durch die Sprungschicht zu Boden sank und das Schlammesediment anreicherte. In hygienischer Hinsicht wird des öfteren darauf hingewiesen, daß die Sprungschicht eine Sperrschicht für Keime ist. Da aber das absinkende Plankton Bakterienträger ist, können mit diesem auch pathogene Keime in eine Tiefe gerissen werden, aus der Trinkwasser aus den Seen entnommen wird.

Thomas:

Bei *Oscillatoria rubescens* ist es so, daß diese Alge hauptsächlich bestimmte Absinkperioden hat. Das kann entweder zwischen Januar und März sein, wo plötzlich eine große Menge dieser Algen auf den Grund absinkt. Man kann sie in der Sedimentmeßpfanne oder mit dem Naumannlot finden. Andere Absinkperioden sind z. B. durch pilzliche Schädlinge bedingt, im August z. B. haben wir ein Absterben durch *Omyceten* festgestellt.

Über die Mineralisation und das Absterben von Kieselalgen in freiem Fall hat Grimm Untersuchungen und Bemerkungen gemacht. Er hat festgestellt, wieviel Kieselalgen beim Absinken absterben, wobei ich selbst allerdings nicht genau weiß, wie er zwischen lebenden und toten unterschieden hat. Das Absinken des Planktons durch die Sprungschicht und das Absterben durch Bakterien sind zwei verschiedene Vorgänge. Die Planktonorganismen, die Phytoplankter, sieht man ja meistens noch sehr deutlich, wenn sie tot sind, seien es nun Kiesel- oder Grünalgen, die Bakterien dagegen sterben tatsächlich im Sinne einer Selbstreinigung des Wassers ab, vor allem die pathogenen Keime, und sind dann gewissermaßen aus der Wassersäule. Ich kann mir schon vorstellen, daß das Wasser unterhalb der Sprungschicht in dieser Beziehung gesünder ist durch die Selbstreinigungsprozesse.

Liepolt:

Ich kann mich nicht ganz dieser Auffassung anschließen, weil unsere Seeuntersuchungen erweisen, daß das ganze Jahr hindurch, in jeder Tiefe, speziell in den reinen Seen, Colibakterien vorhanden sind.

Suritsch:

Welche Tiefe ist für die Einleitung von Abwasser in einen See, die ja nach Möglichkeit vermieden werden soll, sich jedoch nicht immer verhindern läßt, am günstigsten?

Thomas:

Ich denke zwischen 3 und 6 Meter. Noch besser ist es natürlich, wie es z. B. am

Zellersee gemacht wird, die Abwässer vom See durch eine Uferkanalisation wegzuleiten.

Liepolzt:

Wenn schon Abwässer eingeleitet werden müssen, die natürlich möglichst gut gereinigt werden sollen, dann am besten in jener Zone, wo die meisten Organismen leben, also in der Lichtzone, weil dort infolge genügender Sauerstoffproduktion die Selbstreinigung am größten ist. Das ist die erwähnte Zone von 3 bis 6 Meter.

Suritsch:

Wird durch das Einleiten in der Lichtzone nicht das Algenwachstum angeregt? Entsteht bei starkem Algen- und Planktonwachstum nicht wieder besonders viel Schlamm als Folge?

Thomas:

Das stimmt allerdings, und darüber könnte man natürlich noch diskutieren. Im allgemeinen wollen wir ja einen See in dem Zustand erhalten, in dem er war. Wenn er z. B. 80 m tief war, soll er auch so bleiben. Wenn man aber die Abwässer tiefer einleitet, besteht die Gefahr der Meromixie.

Liepolzt:

Dies würde sich sehr schnell rächen. Die leicht zersetzungsfähigen Abwässer haben einen großen Sauerstoffbedarf, der in der Tiefe nicht gedeckt werden kann. Völliger Sauerstoffschwund und Nährstoffanreicherung wären mit allen bekannten nachteiligen Auswirkungen die Folge, zu der auch das Ausbleiben der Vollzirkulation zählt.

Lengyel:

Ich glaube, man sollte die Frage so präzisieren, daß grundsätzlich nur über der Sprungschicht eingeleitet werden soll. Das empfiehlt ja auch Prof. Liebmann für den Bodensee, dessen Wasser auch als Trinkwasser verwendet wird. Und wir wissen nicht, ob wir unsere österreichischen Seen nicht auch einmal zur Trinkwasserversorgung heranziehen müssen.

Zwieb:

Ist die vollkommene Übereinstimmung der Daten, die sich ergeben aus der Differenz der Planktonmenge bei 20 m Wassersäule in 2 Monaten einerseits und der Schlamm-anlandung andererseits, mehr als Zufall zu werten? Ich meine hier die Bilanz zwischen Planktonmenge und abgesetzten Stoffen.

Thomas:

Ich habe auch darauf hingewiesen, daß es Zufall sein kann, z. B. bei den Kieselalgen haben wir keine so schöne Übereinstimmung. Es wäre aber bei Oscillatoria nicht ausgeschlossen, daß es der Wirklichkeit entsprechen könnte, weil diese Alge von Krebsen nicht gefressen wird und von nur sehr wenigen Protozoen. Ich habe sogar Sporozoen in der Sedimentpfanne gefunden, bevor die Fische im See erkrankt waren.

Liepolzt:

In meinem Vortrag habe ich auch erwähnt, daß die Sedimentschichtung in dem einen oder anderen See augenscheinlich sehr schön wahrzunehmen ist, daß aber doch in den meisten Seen diese Stratifikation nicht festgestellt werden kann, zurückzuführen auf die durchwühlende Tätigkeit der Bodentiere. Gerade im Zürichsee ist eine besonders strenge Bodenschichtung vorhanden. Sind denn in diesem See keine Bodentiere, die diese strenge Schichtung stören?

Thomas:

Unter 120 m sind sie nicht mehr vorhanden. 120 bis 140 m sind frei von Tubifex usw., denn dort ist während des ganzen Jahres kein Sauerstoff mehr. In manchen Seen scheint die jährliche Vollzirkulation zu genügen, die doch zwei bis drei Monate dauert, daß die Tiere in die Tiefe wandern.

Liepolzt:

In welcher Höhe sedimentiert sich im Zürichsee jährlich das Sediment?

Thomas:

In 3 bis 5 mm Höhe. Es bestehen sicher große Unterschiede in den Schweizer Seen, doch sind nicht viele Zahlen darüber bekannt.

R u d o l f

Bestehen Beziehungen zwischen Seeschlämmen (Stärke und Zusammensetzung) und Abdichtung natürlicher und künstlicher Seen für Speicherzwecke?

T h o m a s

Es sind ziemlich viele Erfahrungen darüber vorhanden. Z. B. im Limmat-Stausee unterhalb Wetting war der Stau im Anfang undicht und dadurch die Grundwasserversorgung der darunterliegenden Gemeinde gestört. Die Abdichtung hat am Anfang langsam und schlecht stattgefunden; mit mineralischem Schlamm wäre sie schneller vor sich gegangen. Ich glaube, für die Untersuchung solcher Fälle sollten sich die Kraftwerke zusammentun und Untersuchungen gemeinsam mit den Limnologen durchführen.

P a u s a

Gibt es in der Schweiz chemische Mittel zur ausreichenden Bekämpfung der Algen ohne schädigende Wirkung für die Fische usw. bzw. wird daran gearbeitet?

T h o m a s :

Wir selber arbeiten nicht daran, aber die Amerikaner haben solche Mittel, die wir auch ausprobiert haben. Sie schädigen wohl nicht die Fische, aber so ziemlich alles andere, z. B. auch Schilf, oder sie schädigen nur eine Alge und die anderen wachsen ungehemmt weiter. In Amerika unterstützt die chemische Industrie solche Untersuchungen, für uns sind sie zu wenig aussichtsreich und zu kostspielig. Es kann Ihnen allerdings passieren, daß nach Vernichtung der Algen dann die höheren Wasserpflanzen besonders gut gedeihen, die auch nicht leichter wegzubringen sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [1963](#)

Autor(en)/Author(s): Komendová V., Drábek Borivoj

Artikel/Article: [Physikalisch-chemische Eigenschaften der Schlämme 211-234](#)