Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 37 (1945)
Heft: 1-2

Artikel: Physikalische und biochemische Grundlagen der Abwasserreinigung
Autor: Kuisel, H.F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920779

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: 12.01.2026

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

rende Fischpässe vorhanden sind, konnte durch Markierungsversuche festgestellt werden, dass einzelne Fische hintereinander drei, vier, ja fünf Pässe zu überwinden und so gewissermassen ihr Wanderprogramm zu absolvieren vermögen, während in der Limmat durch das nicht passierbare Wettinger Wehr solches verunmöglicht wird.

Wenn dennoch der Fischaufstieg in Dietikon, also oberhalb der Staustrecke des Kraftwerkes Wettingen, so grosse Dimensionen annimmt, so ist das darauf zurückzuführen, dass der Wettinger Stausee ganz besonders nahrungsreich ist. Allerdings darf nicht verschwiegen werden, dass die Erträge des Stausees in qualitativer Beziehung mit denen der früheren ungestauten Limmat nicht ohne weiteres verglichen werden dürfen. An die Stelle der wertvolleren Fischarten, wie Forellen, Aeschen, Aale ist nun als Hauptfisch das Rotauge (Schwal) getreten, dessen Fleisch viel weniger geschätzt wird als das der genannten Edelfische. Ferner sind die Barsche vielfach kleinwüchsig und verkümmert. Auch in kulinarischer Beziehung ist das im Stausee Wettingen produzierte Fischfleisch natürlich dem der früheren Limmat nicht ebenbürtig.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Fischbestand der Limmat oberhalb des Kraftwerks Wettingen sehr gross ist, und dass der Fischpass des Kraftwerks Dietikon die normalen Abwanderungen dieser Fischschwärme in die obern Limmatreviere und in die Nebenflüsse und Bäche in sehr befriedigender Weise sicherstellt. Wenn trotzdem gegenüber früher gewisse Mißstände festgestellt werden müssen, so ist an diesem Umstand nicht das Kraftwerk Dietikon schuld, sondern die Verunreinigung der Limmat durch die Abwässer der Limmatgemeinden und der Stadt Zürich, sowie insbesondere das Fehlen eines Fischpasses bei Wettingen, d. h. der Abschluss des Wirtschaftsgebietes der obern Limmat von den Fischrevieren des Unterlaufes und der Aare.

(Veröffentlichung der Abbildungen bewilligt, Nr. 6398, BRB 3. 10. 39.

Physikalische und biochemische Grundlagen der Abwasserreinigung

Von *H. F. Kuisel*, Chemiker der Beratungsstelle für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung an der ETH[1]

Massgebend für alle Erwägungen der Beseitigung und Behandlung des Abwassers ist stets dessen stoffliche Eigenart, die Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und vor allem des Vorfluters. Jedes Abwasser ist nach Menge und Beschaffenheit für einzelne Ortschaften und Betriebe, auch wenn äusserlich keine auffallenden Merkmale vorhanden sind, zum Teil grundverschieden. Die Verschiedenheit des Charakters ist aber auch nach Jahreszeit und sogar je nach Tagesstunden festzustellen.

Man unterscheidet *häusliche, städtische* und *gewerblich-industrielle* Abwasser. Die *häuslichen* Abwasser enthalten die Abflüsse von Abortgruben oder Wasserspülklosetts, Küchenspülwasser, die Wasch- und Badewasser und nicht selten Kehrichtbestandteile. *Städtische* Abwasser bestehen aus den in einer Kanalisation gesammelten häuslichen Abwassern, wobei sie um Regen- und Schneeschmelzwasser, Anteile an gewerblich-industriellem Abwasser und demjenigen der Strassenreinigung vermehrt sind. Die *gewerblich-industriellen* Abwasser sind in ihrer Zusammensetzung und Menge, je nach der Art des Betriebes verschieden. Es kommt auch selten vor, dass zwei dem Namen nach identische Betriebe Abwasser gleicher Zusammensetzung abgeben. Der Einfluss der gewerblich-industriellen Abwasser auf die Reinigung städtischer Abwasser ist trotz der prinzipiell am Ort des Anfalles nötigen Vorreinigung mitunter erheblich, insbesondere auf deren biologische Nachreinigung, was oft die Abwasserreinigung einer Stadt bedeutend verteuert. Die gewerblich-industriellen Abwasser sind nach eingehender physikalisch-chemischer Untersuchung in Einwohnergleichwerte umzurechnen.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Grundlage zur Reinigung der städtischen und häuslichen Abwasser.

In der Schweiz wird die Bedeutung der Abwasserfrage von mittleren und kleinen Gemeinden immer noch unterschätzt. Die in den letzten Jahren von unserer Beratungsstelle durchgeführten Untersuchungen zeigen jedoch, dass an der zunehmenden Verschmutzung unserer Seen, Flüsse und Bäche auch Gemeinden beteiligt sind, die bisher die Notwendigkeit einer Reinigung ihrer Abwasser noch in weiter Ferne vermuteten. Es sei in diesem Zusammenhang nur kurz darauf hingewiesen, dass die Abwasserreinigung nicht nur von den ästhetischen, gesetzlichen, hygienischen und fischereiwirtschaftlichen Gesichtspunkten aus verfolgt werden muss, sondern dass auch — wie neueste

[1] Referat aus dem Vortragskurs über Kulturtechnik, Waldstrassenbau, Abwasserreinigung, Kanalisationen und Wasserversorgungen, veranstaltet vom Zürcher Ingenieur- und Architektenverein an der ETH, April 1944.

Tabelle 1

Abwasser, aufgeteilt nach physikalischen Gesichtspunkten in Abwasserstoffgruppen berechnet nach dem Mittel schweiz. Städte: 1 Einwohner (E) = 450 L/Tag (Tg)

Stoff	1 Grösse bzw. Durchmesser d. Stoffteile in mm	2 Entfernung Art	3 Entfernung massgebender Faktor	4 Menge pro E/Tg (Trockenstoff in g)	5 Bsb_{20} in g/E/Tg	5 Bsb_{20} in %
Rechengut = Sperrstoffe	> Stababstand	Rechen Siebe	Stababstand	0,005 L	—	—
Sandfanggut	5—0,2	Sandfänge	Fliessgeschwindigkeit > 30 cm/sec	0,005—0,01 L	—	—
Schwimmstoffe (Oel und Fett)	—	Oel/Fettabscheider	Oberfläche v = ~15 m/Std.	5—10 g	—	—
Absetzbare Stoffe	0,2—0,05	Absetzanlagen	Flachbecken: 0,5 m^3/m^2/Std. Trichter: 2,5 m^3/m^2/Std.	1,4 L = ~70 g	110	25
Schwebestoffe	0,05—0,005	Fällungsanlagen	Fällungsmittel und Trichterbecken	30 g		30
Kolloid-gelöste Stoffe	0,005—10^{-6}	biologische Anlagen	Belüftung und Nachklärbecken	15 g	75	25
				35 g		20
Echt gelöste Stoffe	< 10^{-6}					
Reinwasserstoffe				~90 g	—	—

Untersuchungen und Erkenntnisse zeigen — die *Rein- und Gesundhaltung unserer Grundwasser dringend eine Sanierung der Abwasserverhältnisse verlangen.*

Die Technik der Reinigung städtischer Abwasser muss sich gemäss Tabelle 1 mit der Beseitigung der sperrigen, schwimmfähigen und suspendierten, sowie gelösten Stoffe befassen. Diese Reinigung erfolgt stufenweise. Die *mechanische Reinigung* oder Klärung bildet die erste Stufe; sie wird mittels Rechen, Sandfang, Fettfängern und Absetzbecken bewerkstelligt.

Die mechanische Stufe umfasst die Entfernung

1. *der Sperrstoffe:*

Die in einem Abwasser vorhandenen gröberen Sperrstoffe, wie Tierkadaver, Papierfetzen, Lumpen, Gemüseresten usw. werden mittels Rechen oder Sieben zurückgehalten. Man benützt heute meistens Rechen mit einem Stababstand von zirka 4—5 cm (Grobrechen). Engere oder grössere Abstände werden selten und nur für Spezialzwecke angewandt. Grobrechen sind schräg in die Zuleitung zur Abwasserreinigungsanlage gestellte Stäbe, welche die genannten Stoffe zurückhalten, aber die Sand- und Schlammstoffe passieren lassen. Die Bedienung der Rechen geschieht bei kleineren Anlagen von Hand, bei grösseren mittels sog. Rechenreinigungsmaschinen. Das dabei anfallende Rechengut wird entweder vergraben, verbrannt oder neuerdings nach Zerkleinerung in Desintegratoren wieder dem Abwasser zugesetzt und damit der allgemeinen Schlammbehandlung zugeführt.

2. *des Sandes:*

Der im Abwasser enthaltene Sand wird meistens durch die Strassenreinigung zugeführt und in einem dem Rechen nachgeschalteten Sandfang entfernt. Die Anwesenheit von Sand im Schlammraum der Absetzbecken oder Faulkammern würde zu Unzulänglichkeiten führen, die in einer Beeinträchtigung des Schlammtransportes und dem Verschleiss der dazu notwendigen Pumpen bestehen. Die Entfernung des Sandes in einem Sandfang ist immer nötig, wo der Kanalisation auch Regenwasser zugeführt wird, also beim sog. *Mischsystem.* Zur Entfernung des Sandes benutzt man die Eigenschaft des fliessenden Wassers, das, bei einer bestimmten Fliessgeschwindigkeit, die schwereren mineralischen Stoffe absinken lässt, während die leichteren und mehr flockigen Stoffe noch in der Schwebe bleiben. Die günstigste Fliessgeschwindigkeit beträgt nach Erfahrungen etwa 0,3 bis 0,5 m/sek. Die Berechnung der Sandfänge ist eine Aufgabe der angewandten Hydraulik und soll hier nicht weiter verfolgt werden.

3. *der Schwimmstoffe:*

Die Schwimmstoffe in einem städtischen Abwasser bestehen aus schwimmenden Holzteilchen (Zündhölzchen, Korke usw.) und den aus mannigfachen Quellen ins Abwasser gelangenden *Oelen und Fetten.* Auch die einfachste Küche liefert täglich eine gewisse Menge Fett ins Abwasser, das nach eigenen Untersuchungen vor dem Kriege bis zu 20 % des Fettverbrauches in einer Haushaltung betragen konnte. Garagen und Fabriken liefern mitunter ganz erheb-

liche Mengen mineralischer Oele ins Abwasser, während von Hotelküchen, Fettfabriken usw. vegetabilische und animalische Fette anfallen. Diese Oele und Fette müssen aus dem Abwasser soviel als möglich entfernt werden, weil sie die eigentliche Abwasserreinigung, insbesondere ihren biologischen Teil, ganz empfindlich stören. Oele und Fette werden nämlich von der üblichen biologischen Abwasserreinigung mittels Belebtschlamm oder Tropfkörper nicht erfasst. Sie haben jedoch die unangenehme Eigenschaft, dort den Zutritt der Luft und des Sauerstoffes zu erschweren, oft zu verunmöglichen. Auf unserer Versuchsanlage im Werdhölzli ist es schon einige Mal vorgekommen, dass die ganze Anlage neu eingefahren werden musste, weil der belebte Schlamm durch das im städtischen Abwasser enthaltene Oel verdorben wurde. Als Grundsatz für die Entfernung der Oele und Fette gilt, dass an Orten mit erheblichem Anfall an diesen Stoffen dort selbst Vorsorge für die Entfernung aus dem Abwasser getroffen werden soll. Dabei ist unter Umständen eine Rückgewinnung von Fett und Oel anzustreben, wie dies durch die für die gegenwärtige Zeit geltende Verordnung Nr. Ia des KIAA verlangt wird. Es wäre zu wünschen, dass diese sich auch für die Reinhaltung unserer Gewässer sehr günstig auswirkende Verordnung in die Nachkriegszeit hinübergerettet werden könnte.

Für die Entfernung der Fette und Oele macht man von der weitern Eigenschaft des bewegten Wassers Gebrauch, die spezifisch leichteren Fettstoffe unter bestimmten Bedingungen an die Oberfläche abzugeben. Sind die Fettstoffe in *Suspension*, das heisst nur in loser Mischung im Abwasser, so folgen sie den Gesetzen der Schwerkraft und können durch einfache Vorrichtungen aus dem Wasser abgeschieden und entfernt werden. Man baut dafür Schwergewichtsabscheider, bei denen die Wassergeschwindigkeit reduziert wird, um den Fettstoffen das Aufsteigen zur Oberfläche zu ermöglichen. Fettabscheider berechnen sich also nach der Oberfläche, die die gegebene Abwassermenge bei einer Fliessgeschwindigkeit von 12 bis 15 m/Std. einnimmt. Für die in mehr oder weniger inniger Emulsion im Abwasser befindlichen Oele gelingt die Abscheidung nur nach Zerstörung der emulsionsbildenden Kräfte. Die Trennung oder Zerstörung der Emulsion erfolgt mittels Druckluft, eventuell unter Zusatz von Säure usw. in einem belüfteten Oelabscheider. Diese Einrichtung besteht in der Regel aus einem langgestreckten, trogförmigen Becken mit steil zusammengezogenem Boden. Man dimensioniert belüftete Abscheider auf der rechnerisch zu ermittelnden Durchflusszeit von 3—12 Minuten, wobei die eingeblasene Luft neben dem Zerstören der Emulsion auch das Absetzen von Schlamm verhindert. Der durch ein Gebläse zu liefernde Luftbedarf eines Oelabscheiders beträgt etwa 0,15 m^3 Luft auf 1 m^3 durchfliessendes Abwasser und pro Minute Durchflusszeit. Das sich in nicht belüfteten Seitentaschen sammelnde Oel wird von Zeit zu Zeit abgeschöpft und kann der Rückgewinnung zugeführt werden.

In der Schweiz wurden bis vor kurzem separate Fett- und Oelabscheider nur in Sonderfällen erstellt; diese Stoffe wurden gar nicht oder erst in den Absetzbecken abgeschieden und entfernt. Nach den Erfahrungen in der städtischen Kläranlage Werdhölzli Zürich wird das sich auf den Absetzbecken abscheidende Fett vorteilhaft in die Schlamm-Faulkammern gegeben, da die zersetzlichen Fettstoffe erhebliche Mengen Faulgas liefern.

4. der absetzbaren Stoffe:

Als absetzbare Stoffe eines Abwassers bezeichnet man die innerhalb einer praktischen Zeit, das heisst 1½—4 Stunden auf der Sohle von Becken entsprechender Grösse sich ansammelnden Stoffe. Die früher übliche Bezeichnung «absetzbare Schwebestoffe» sollte, weil verwirrend, vermieden werden. Die absetzbaren Stoffe bilden im unzersetzten Zustand den sogenannten Frischschlamm. Das Absetzen oder Sedimentieren ist ein rein physikalischer Vorgang und beruht auf der starken Verminderung der Fliessgeschwindigkeit im Becken. Die Schleppkraft des Wassers wird dort gering und reicht nicht mehr aus, so dass sich die Teilchen zu Boden setzen.

Man unterscheidet zwei prinzipiell verschiedene Beckenformen, nämlich die waagrecht vom Wasser durchflossenen Flachbecken und die in aufsteigender Richtung durchflossenen Trichterbecken. Der scheinbar einfache eigentliche Absetzvorgang ist sehr verwickelt. Ausser der Art der abzusetzenden Stoffe, beurteilt nach ihrem spezifischen Gewicht, hat auch ihre äussere Beschaffenheit, ob körnig oder flockig, grössten Einfluss. Teilchen mit glatter und inerter Oberfläche haben ein geringes Wasseraufnahmevermögen und grosses spezifisches Gewicht. Man bezeichnet sie als körnig, sie setzen sich relativ rasch ab. Teilchen mit schleimiger Oberfläche haben dagegen ein sehr grosses Wasserbindungsvermögen (Hydrationsvermögen), ihr spezifisches Gewicht kommt daher dem des Abwassers sehr nahe. Diese Teilchen haben aber glücklicherweise die Eigenschaft, sich zusammenzufügen und Flocken zu bilden, die sich bei entsprechender Grösse ebenfalls absetzen. Den Absetzvorgang beeinflussen ferner massgebend die Wassertemperatur, die oft Strömungen im Absetzbecken hervor-

ruft, ferner die Viscosität des Abwassers, die Temperatur der Luft, die Besonnung der Becken usw.

Für das Absetzen körniger Stoffe ist nur die Oberfläche des Beckens massgebend, während die Tiefe willkürlich gewählt werden kann. Man baut daher für körnige Stoffe die nach der Oberfläche zu berechnenden Flachbecken entsprechend der Formel:

$$\text{Oberfläche in m}^2 = \frac{\text{Wassermenge in m}^3\text{/Std.}}{\text{kleinste Sinkgeschw. in m/Std.}}$$

Die Sinkgeschwindigkeit wird in Absetzgläsern nach Imhoff ermittelt und ergibt sich aus der Höhe des Absetzglases (in der Regel 0,4 m), mit der die stündliche Absetzzeit dividiert wird.

Die Sinkgeschwindigkeit v_s kann bei bekannter Korngrösse der Teilchen auch nach der Formel von *Stokes* berechnet werden:

$$v_s = \frac{g(G-G_1)}{30\,n} \cdot d^2$$

worin: g = Schwerkraft, 9,81 m/sec,
G = Spez. Gewicht des abzusetzenden Teilchens,
G_1 = Spez. Gewicht des Abwassers,
d = Durchmesser (Korngrösse) des Teilchens,
n = Zähigkeit = Viscosität des Abwassers in Dyn. sec/cm².

Der Wert für die praktisch kleinste Sinkgeschwindigkeit beträgt etwa 0,1 mm/sec = 0,36 m/Stunde.

Die Dimensionierung der Flachbecken kann auch nach der Durchflusszeit erfolgen, die nach *Imhoff* wie folgt berechnet wird:

$$\text{Durchflusszeit in Stunden} = \frac{\text{Absetzraum in m}^3}{\text{Wassermenge in m}^3\text{/Std.}}$$

Aus diesen Formeln kann man Becken jeder Konstruktion berechnen.

Die auf Grund dieser Rechnungen ermittelten Projektgrundlagen genügen jedoch für praktische Zwecke noch nicht, weil

erstens: es nicht möglich ist, das Wasser ganz gleichmässig durch das Absetzbecken zu leiten,

zweitens: durch die immer mehr zunehmende Abscheidung und Ansammlung des Schlammes der zur Verfügung stehende Raum immer kleiner und damit die Durchflusszeit geringer wird,

drittens: die Abwassermenge im Laufe des Tages in der Regel erheblichen Schwankungen unterworfen ist.

Die Konstruktion der flachen Absetzbecken muss darum so erfolgen, dass durch den Einbau geeigneter Vorrichtungen der Einfluss obiger drei Faktoren möglichst klein wird.

Für *das Absetzen* flockiger Stoffe kommen vorteilhaft tiefe Becken mit aufsteigender Wasserbewegung, also Trichterbecken in Anwendung. Die aufsteigende Wasserbewegung begünstigt die erwähnte Zusammenballung der Teilchen zu Flocken, die nach Erreichen einer bestimmten Grösse als Schlamm in die Trichterspitze absinken. Man spricht von der Ausbildung eines sogenannten schwebenden Filters, der, je nach der Art der Flockenbildung, höher oder tiefer im Trichter liegt. Für die Berechnung der Trichterbecken bestehen zur Zeit noch keine einwandfreien rechnerisch erfassbaren Grundlagen. Als Regel hat sich ergeben, dass an der Ueberfallkante (des Abflusses) pro Laufmeter nicht mehr als drei Kubikmeter pro Stunde abfliessen sollen.

Der Anteil der absetzbaren Stoffe in einem städtischen Abwasser wird zweckmässig anhand der Absetzproben in Kubikzentimetern pro Liter Abwasser angegeben. Aus der Differenz des Gehaltes an absetzbaren Stoffen im Zu- und Abfluss eines Absetzbekkens berechnet sich der Kläreffekt, welcher möglichst 95 % übersteigen soll.

Die Verminderung an absetzbaren Stoffen im Zu- und Abfluss eines Absetzbeckens lässt sich auch an Hand des Bsb bewerten. Für städtisches Abwasser beträgt diese Abnahme nur 25 %. Der *Bsb oder biochemische Sauerstoffbedarf* gibt an, wieviel Sauerstoff in mg Sauerstoff pro Liter Abwasser oder gr Schlamm bis zur teilweisen, jedoch genügenden (Bsb 5) oder nahezu totalen Mineralisierung (Bsb 20) der (organischen) Abwasserstoffe nötig sind. Die Mineralisierungsgrenze wird auf den Vorfluter bezogen, dessen natürliche Reinheit erhalten werden soll. Der Bsb wird in Laboratorien nach zwei verschiedenen Methoden und ausserdem entweder in 5 (Bsb 5) oder 20 Tagen (Bsb 20) bestimmt.

Die Entfernung der weiteren in einem städtischen Abwasser enthaltenen Abwasserstoffe erfolgt in den *Stufen der Fällungs- und biologischen Verfahren.*

5. der Schwebestoffe:

Die innerhalb der praktischen Zeit von 1½—4 Stunden noch im Abwasser suspendierten Teilchen nennt man Schwebestoffe. Sie bestehen aus allerfeinsten Flöckchen, Fäserchen und Klümpchen und können nur durch Anwendung geeigneter Verfahren aus dem Abwasser entfernt werden. Man erzeugt zum Beispiel im Abwasser durch einen zugefügten Stoff (Eisensalze) Flocken, die ein grosses Absorptionsvermögen für Schwebestoffe besitzen. Man kann dem Abwasser auch Stoffe beifügen, die ausflockend und damit teilchenvergrössernd wirken, was denselben Effekt hervorruft. Diese Eigenschaft weisen zum Bei-

spiel Holzkohlenpulver, Kaolin, Papierfasern, Kalk, Säuren, Salze, Asbest und dergleichen auf.

Gut in die Praxis eingeführt haben sich diese als *Fällungsverfahren* bezeichneten Methoden für die Reinigung der gewerblich-industriellen Abwasser, bei denen der Gehalt an Schwebestoffen (und Kolloiden) teilweise bis zu 90 % der Gesamtabwasserstoffe betragen kann. Man setzt in der grossen Mehrzahl der Fälle Eisensalze zu, die im alkalisch reagierenden Abwasser unter Bildung von Eisenhydroxydflocken die Adsorption der Schwebestoffe (und auch der Kolloide) durchführen.

6. der kolloidgelösten Stoffe:

Unter kolloid- oder halbgelösten Stoffen in einem Abwasser versteht man diejenigen Teilchen, die noch bedeutend kleiner sind als die Schwebestoffe, im wesentlichen aber die Trübung des Wassers bedingen. Kolloide oder halbgelöste Stoffe finden sich in der Milch, im Stärkekleister oder einer Gelatinelösung als wesentlichster Bestandteil. Die im Abwasser enthaltenen Kolloide besitzen in der Regel elektro-negative statische Ladung; dadurch werden sie einem Ausfällungsprozess durch eingebrachte positiv geladene Ionen zugänglich. Kolloide können dabei vom Sol (flüssigen) in den Gel (d. h. einen dem festen ähnlichen Zustand) übergehen, womit die Ausflockung verbunden sein kann. Solche positive Ionen werden z. B. bei der Flockenbildung mittels Eisensalz im Abwasser erzeugt, sodass das Eisensalz bzw. die durch dieses freiwerdenden Wasserstoffionen die Kolloide zur Ausfällung bringen. Mit der Ausfällung der Kolloide ist die bereits erwähnte Entfernung der Schwebestoffe aus dem Abwasser mit eingeschlossen.

Die Eliminierung der Schwebestoffe und Kolloide aus einem Abwasser ist von grosser praktischer Bedeutung. Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, beträgt der Bsb-Anteil dieser Stoffe in einem städtischen Abwasser normalerweise gegen 50 %. Er kann bei grösserem Anteil an gewerblichem Abwasser $^2/_3$ und mehr erreichen. Die auf diesen theoretischen Grundlagen basierende Entfernung der Schwebestoffe und Kolloide aus dem Abwasser ist in den erwähnten Fällungsverfahren in mannigfacher Modifikation in der Abwassertechnik eingeführt worden. Für schweizerische Verhältnisse werden die Fällungsverfahren für die Reinigung städtischer Abwasser keine ausschlaggebende Bedeutung gewinnen, da die Voraussetzungen hiefür fehlen.

7. der echtgelösten Stoffe:

Die in einem Abwasser enthaltenen echtgelösten Stoffe bestehen aus Stoffen und Salzen organischer und anorganischer Natur, wie Zucker, Harnstoff, Kochsalz usw. Der Anteil dieser Stoffe in einem städtischen Abwasser ist in der Regel nicht sehr erheblich. Er erreicht nach der Zusammenstellung in der Regel nur 20 % des gesamten Bsb. Der echtgelöste Zustand eines Stoffes kann sichtbar nicht wahrgenommen werden, nur der Geschmacksinn (Salz, Zucker) oder die chemische Analyse weisen diese Stoffe nach. Um sie aus einem Abwasser zu entfernen, muss man ihre Zersetzungsfähigkeit durch Bakterien und andere Kleinlebewesen zu Hilfe nehmen. Dies geschieht mittels der *biologischen* Verfahren, bei denen durch geeignete Massnahmen eine Anreicherung der zersetzenden Mikroorganismen herbeigeführt wird. Man unterscheidet dabei zur Hauptsache Tropfkörperanlagen und Belebtschlammanlagen. Darüber sei kurz folgendes ausgeführt:

Bei den *Tropfkörpern* rieselt das Abwasser durch eine inerte Brockenschicht. Auf den Brocken siedeln sich die abbauenden Mikroorganismen in Form eines schleimigen Rasens an, in dem die Abbauprozesse stattfinden. Die oxydativ verlaufenden Abbauprozesse, wie das Leben der Mikroorganismen, verlangen erhebliche Mengen Sauerstoff, der durch geeigneten Aufbau der Brockenschichten der durchstreichenden Luft entnommen wird. Die Abbauprozesse müssen bis zur sog. Fäulnisunfähigkeit führen, d. h. der Hauptteil der zersetzlichen (organischen) Abwasserstoffe muss soweit mineralisiert werden, dass Fäulnisprozesse im Abfluss des Tropfkörpers nicht mehr auftreten können. Fäulnis ist Abbau von (organischen) Stoffen unter Sauerstoffausschluss und führt zur Bildung übler Gerüche, ein Grund, dass es auf Abwasserreinigungsanlagen nie zu Fäulnis kommen soll. Ausgenommen hievon ist die Schlammfaulung.

Bei den *Belebtschlammverfahren* ist die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen auf die Belebtschlammflocke, die als Träger der Abbauprozesse gilt, angewiesen. Sie spielen sich dort in ähnlicher Weise ab, wie wir es beim Tropfkörper beschrieben haben. Der belebte Schlamm wird im Abwasser selbst erzeugt und zum grössten Teil immer wieder zurückgeführt, wobei zur Aufrechterhaltung der Lebenstätigkeit der Mikroorganismen und der Abbauprozesse Sauerstoff bzw. Luft eingebracht werden muss.

Ueber die eigentlichen Vorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung sind eine Anzahl Theorien aufgestellt worden, deren Richtigkeit zur Zeit noch der Ueberprüfung harrt. Am meisten den Tatsachen zu entsprechen scheint die Biozeolith-Theorie, nach der physikalische Adsorptions- und Umtauschprozesse stattfinden neben chemischen Oxydationen, die auf der enzymatischen Bakterienwirkung beruhen, sowie eigentlicher Bakterienwirkung. Die biologischen Reinigungsverfahren können nach ihrer Wir-

kung als eine den Vorgängen in den Vorflutern nachgebildete, auf kleinen Raum zusammengedrängte Form der Abwasserreinigung aufgefasst werden. Was sich im Fluss auf einer Strecke von mehreren Kilometern abspielt, geschieht im Tropfkörper oder Belebtschlammbecken in kleinem Raum, wobei allerdings der im Fluss durch Wellenbildung und Rieseln über Stein usw. zugeführte Luftsauerstoff beim Belebtschlammverfahren künstlich als Druckluft oder Oberflächenbelüftung mittelst Bürstenwalze oder dergleichen zugeführt werden muss. Wie aus diesen Ausführungen hervorgeht, beschränkt sich die biologische Abwasserreinigung nicht nur auf die Entfernung und Unschädlichmachung der echtgelösten Stoffe, sondern sie vermag neben diesen auch die Schwebestoffe und Kolloide aus dem Abwasser teilweise in Schlammform abzuschneiden, teilweise in Gase oder unschädliche Salze abzubauen. Die biologische Stufe überbrückt demgemäss die vorerwähnte Fällungsstufe und kann der mechanischen Stufe unmittelbar nachgeschaltet werden.

8. der Reinwasserstoffe:

Städtische Abwasser enthalten auch die im Wasser von der Wasserversorgung gelieferten Stoffe, die in der Regel die Summe der Wasserhärte und die geringe Menge darin gelöster anderer Salze darstellen. Eine Entfernung dieser Stoffe ist nicht notwendig, ihre Anwesenheit im Abwasser ist jedoch bei den biologischen Verfahren von Bedeutung, da sie die Abbauvorgänge infolge ihres Pufferungsvermögens unterstützen.

9. des Schlamms:

Gewöhnlich wird der Schlamm aus den Absetzbecken, den Nachklärbecken der Tropfkörper und der Ueberschußschlamm von den Belebtschlammverfahren in *Faulkammern* übergeführt, wo er einem Faulprozess unterworfen wird. Dieser Prozess verläuft unter Ausschluss von Luft bzw. Sauerstoff und führt den rasch in Zersetzung gelangenden, stinkenden Frischschlamm je nach der herrschenden Temperatur in kürzerer oder längerer Zeit (30 bis 180 Tage) in einen geruchlosen schwarzen Brei über, der als Bodenverbesserungsmittel Verwendung findet. Daneben entstehen erhebliche Mengen eines brennbaren Gases, das zum Beheizen der Faulkammern dient und nach Verdünnung als Kochgas, nach Reinigung und Komprimierung als Treibstoff usw. verwendet werden kann. Der Anfall an Gas beträgt pro der Abwasserreinigungsanlage angeschlossenen Einwohner oder dessen Gleichwert (gewerblich-industrielles Abwasser) bei nur mechanischer Reinigung 6—8 m^3 pro Jahr, bei nachgeschalteter biologischer Stufe rund das Doppelte. Ueber die Vorgänge bei der Schlammfaulung ist in der Zeitschrift «Strasse und Verkehr» Nr. 10, 1943, eingehend berichtet worden.

Zur Dimensionierung der Faulkammern muss in schweizerischen städtischen Verhältnissen mit einer Schlammenge von 1,5—1,7 Liter pro Kopf und Tag für die mechanische Stufe (Kläranlage), mit 50—100 % mehr bei nachgeschalteter biologischer Stufe gerechnet werden. Die weitern Grundlagen der Faulraumdimensionierung bestehen im Festlegen der Faultemperatur, der zu erstrebenden Faulgrenze, der Konstruktion des Faulbehälters usw. Die Fachliteratur, insbesondere auch das Taschenbuch der Stadtentwässerung von *Imhoff*, enthält darüber nähere Angaben.

Diese knappen Ausführungen über die physikalischen und biochemischen Grundlagen der Abwasserreinigung vermögen nicht alle Belange, die für die Projektierung einer Reinigungsanlage notwendig sind, zu umfassen. Abgesehen von den dazu notwendigen spezifisch bautechnischen, maschinentechnischen und kanalisationstechnischen Kenntnissen werden jeweilen durch die Untersuchungen der Chemiker und Biologen weitere massgebende Faktoren ermittelt werden müssen. So sind, wie schon in der Einleitung erwähnt, z. B. Untersuchungen über das nutzbare Selbstreinigungsvermögen im Vorfluter unerlässlich. Als einer der brauchbarsten Maßstäbe hat sich auch hier der Bsb erwiesen, auf dessen exakte Erfassung grösstes Gewicht gelegt werden muss. Eine nur einmalige Untersuchung des Vorfluters, der häuslichen und der (separat zu behandelnden) gewerblich-industriellen Abwasser nach Charakter und Menge führt nie zum Ziel. Mehrere und eingehende Untersuchungen im Verlaufe eines Jahres (Sommer/Winter usw.) ergeben erst die allen Einwänden standhaltenden Grundlagen. Die für die Beschaffung einwandfreier Grundlagen notwendigen Aufwendungen machen sich in jedem Fall durch Ersparnisse in der Bauausführung bezahlt.

Zusammenfassend sind vor der Projektierung und Dimensionierung einer Abwasserreinigungsanlage folgende Vorarbeiten nötig:

a) Die Menge der häuslichen und gewerblich-industriellen Abwasser ist in zeitlicher und durchschnittlicher Verteilung in 10, 14, 16 und 24 Stunden, ermittelt aus mehreren nach Jahreszeit und Wetter verschiedenen Messungen zu bestimmen.

b) Die Art und der Charakter der Abwasser muss mehrmals nach einwandfreien, fachgerechten, physikalischen und biochemischen Methoden ermittelt werden.

c) Die Art und Grösse des Vorfluters sowie dessen spezifisches Selbstreinigungsvermögen müssen unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen festgelegt werden.

d) Die topographischen und klimatischen Verhältnisse des gesamten zu entwässernden Gebietes sind auszuwerten, wobei die Standortfrage der Abwasserreinigungsanlage oft eine besonders eingehende Abklärung verlangt.

Die Aktion des Regierungsrates des Kantons Zürich für die Leistungsverbesserung privater Wasserkraftanlagen im Kanton Zürich [1]

Von O. *Schubert*, dipl. Ing., Beauftragter für Arbeitsbeschaffung im Kanton Zürich

Durch den Bundesratsbeschluss über die Arbeitsbeschaffung in der Kriegs- und Nachkriegszeit sind die grundlegenden strategischen Gesichtspunkte festgelegt worden, nach denen auf allen Gebieten der Wirtschaft und des Staates vorbereitende Massnahmen zur Verhinderung oder Bekämpfung drohender Arbeitslosigkeit getroffen werden müssen. Jede einzelne Massnahme (im speziellen Fall auch die in Gang gekommene Aktion zur Leistungsverbesserung privater Wasserkraftanlagen im Kanton Zürich) wird stets unter dem zentralen Gesichtswinkel dieser grundlegenden Beschlüsse zu treffen sein, und jede Diskussion über den Sinn und Wert einer einzelnen Aktion ist nur dann fruchtbar, wenn das anzustrebende Endziel, Verhinderung von Arbeitslosigkeit nach Möglichkeit, zum unabdingbaren Mittelpunkt der dadurch aufgegebenen taktischen Probleme der tatsächlichen Durchführungsmöglichkeiten gemacht wird. Entsprechend den Grundsätzen unserer Verfassung und unserer freien Wirtschaftsordnung wird der Staat erst dann durch öffentliche Arbeitsbeschaffungsmassnahmen einspringen, wenn die Wirtschaft, nach restloser Ausschöpfung aller gegebenen Möglichkeiten, nicht mehr in der Lage ist, Arbeit und Beschäftigung zu bieten. Das ganze Problem der Arbeitsbeschaffung in der Nachkriegszeit stellt grosse Anforderungen an alle, die überhaupt in der Lage sind, positive Beiträge zu leisten. Volkswirtschaftlich auf die Dauer tragbare Lösungen sind nur möglich durch Zusammenarbeit von Staat und Wirtschaft in einem in der Vorkriegszeit nicht gekannten Ausmass. Es werden zum Teil ganz neue Wege der Koordination beschritten werden müssen, die sehr viel gegenseitiges Verständnis, sehr viel Fingerspitzengefühl und vor allem und in erster Linie persönliche Verantwortungsfreude erfordern.

Von den vielen Massnahmen, die zu einer Verhinderung drohender oder Bekämpfung eintretender Arbeitslosigkeit in Vorbereitung sind, seien im Rahmen dieses Referates zwei herausgeschnitten:

Das Programm der öffentlichen Arbeiten und das Programm für die Erneuerung des Produktionsapparates unserer Industrie!

Die Vorarbeiten für das Programm der öffentlichen Arbeiten im Kanton Zürich, und zwar sowohl des Kantons wie der Gemeinden, sind heute so weit gediehen, dass eine Ingangsetzung öffentlicher Arbeiten im Rahmen der vorhandenen organisatorisch-technischen und finanziellen Mittel sowie der tatsächlich vorhandenen Baustoffe überhaupt möglich ist. Die grossen Schwierigkeiten und die hauptsächlichsten Schwächen dieses Programms liegen darin, dass der Kumulierung bei der Durchführung der vorhandenen Arbeitsmöglichkeiten relativ enge Grenzen dadurch gezogen sind, dass einerseits nicht nur gebaut, sondern auch finanziert werden muss, und anderseits für die eigentlichen qualifizierten Berufsarbeiter unserer Industrie nur in sehr beschränktem Umfang berufseigene oder zum mindesten berufsähnliche Arbeiten geboten werden. Gerade dieser letztere Umstand wird aber für die ganze Arbeitsbeschaffung von entscheidender Bedeutung sein. Gelingt es uns, wenigstens für die wirklich qualifizierten Berufsarbeiter der Industrie durch geeignete Massnahmen gewisse Perioden von Arbeitsmangel durch zusätzliche Industrieaufträge zu überbrücken, dann ist der entscheidende Schritt für unsere Zukunft getan. Eine der wesentlichsten Voraussetzungen für die absolut notwendige Leistungsfähigkeit unserer Industrie im Konkurrenzkampf der Nachkriegszeit mit dem Ausland, die Erhaltung tüchtiger und arbeitsfreudiger Facharbeiter, ist damit gewährleistet. Die Erneuerung des Produktionsapparates unserer Industrie bildet eine der Grundlagen für diese Voraussetzung, und nichts darf unversucht bleiben, um hier zu einem positiven Resultat zu kommen. Die Schwierigkeiten scheinen fast unüberwindlich, und trotzdem müssen Mittel und Wege gefunden werden, weil von der Lösung dieses Problems die Zukunft unserer Exportwirtschaft weitgehend abhängt.

Der Regierungsrat des Kantons Zürich, insbesondere die beiden Direktionen der Volkswirtschaft und

[1] Referat an der Mitgliederversammlung des Linth-Limmatverbandes vom 31. Oktober 1944 in Zürich