Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 36 (1944)
Heft: 10-11

Artikel: Grundsätzliches über Abwasserreinigung
Autor: Meyer-Peter, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922055

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: 10.07.2025

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

Grundsätzliches über Abwasserreinigung

Von Prof. Dr. h. c. *E. Meyer-Peter*, Zürich [1]

I. Herkommen des Abwassers

Das Problem des Abwassers und dessen Behandlung ist mit der Einführung der Schwemmkanalisation in den grösseren Ortschaften akut geworden, d. h. mit dem Bestreben, die schweren hygienischen Nachteile, die in früheren Jahrhunderten und bis in die neueste Zeit hinein das sorglose Liegenlassen der häuslichen Abfallstoffe mit sich gebracht hatte, zu beseitigen. Die geordnete Abfuhr der trockenen Abfälle, des Kehrichts, und das Hinausschwemmen der vom Wasser leicht transportierbaren Abfallstoffe in die benachbarten Bäche und Flüsse hat eine wesentliche Verminderung von Infektionsherden und damit von ansteckenden Krankheiten mit sich gebracht, das Problem dagegen nicht gelöst, sondern nur vom Zentrum der Ortschaften nach der Peripherie, auf die Flussläufe verschoben.

Ein zweites wichtiges Moment ist die fortschreitende Entwicklung der Industrie. In den Betrieben der Nahrungsmittel- und Textilindustrie und der chemischen Industrie im allgemeinen, zum Teil auch in der mechanischen Industrie, ist die Herstellung der Endprodukte stets mit dem Anfall von Nebenprodukten verbunden, die in Form von Emulsionen oder wässriger Lösung abgespült und vielfach zusammen mit dem Brauchwasser den öffentlichen Gewässern übergeben werden, da deren Rückgewinnung nicht immer wirtschaftlich ist.

II. Zusammensetzung der Abwässer

Sowohl das häusliche wie das industrielle Abwasser sind in ihrer Zusammensetzung sehr variabel und zwar nach ihrer Herkunft und nach der Tageszeit. Einigermassen sichere Mittelwerte lassen sich überhaupt nur für häusliche Abwasser angeben, wie das in Abb. 1 schematisch gezeigt ist. Grundsätzlich sind zu unterscheiden die absetzbaren von den nicht absetzbaren Stoffen, welch letztere kolloidal oder molekular gelöst sein können, weil zu ihrer Beseitigung verschiedene Methoden anzuwenden sind. So können die absetzbaren Stoffe auf mechanischem Wege in den sog. Kläranlagen wegen ihrer Sinkfähigkeit ausgefällt werden, während die nicht absetzbaren Stoffe auf biochemischem Wege entfernt werden müssen. Ein Teil der Schmutzstoffe ist mineralischer, d. h anorganischer Natur, sie können nur, soweit sie absetzbar sind, zurückgehalten werden, sind aber, mit einigen Ausnahmen, im allgemeinen auch nicht schädlich.

Industrielle Abwässer sind insbesondere auf spezifische Gifte zu untersuchen und deshalb in vielen Fällen einer getrennten Vorbehandlung zu unterziehen.

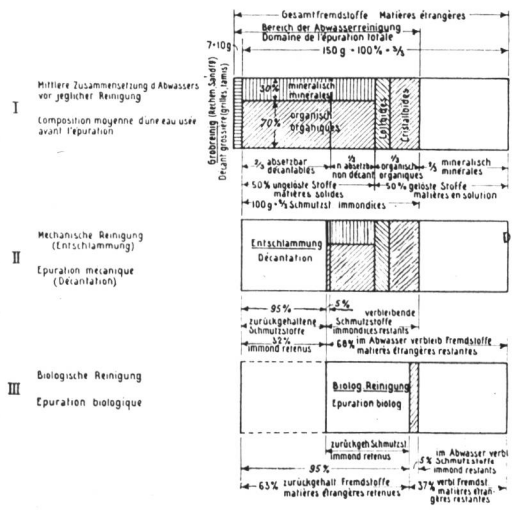

Abb. 1 Zusammensetzung des Abwassers. Schema

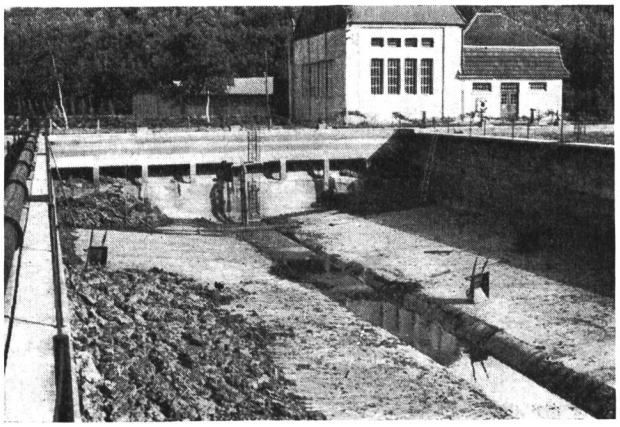

Abb. 2 Durchflossene Faulkammer. Aachen

III. Notwendigkeit der Reinigung

Das Abschwemmen der Unratstoffe vom Ort ihrer Entstehung in die öffentlichen Gewässer hat sich je länger je mehr als ungenügende Massnahme erwiesen, die zu schweren Mißständen in den Gewässern führt. Zwar besitzt jedes Gewässer ein gewisses Selbstreinigungsvermögen. Darunter versteht man biochemische Vorgänge, die bei Anwesenheit von genügenden im Wasser gelösten Mengen Sauerstoffes in einer Aufarbeitung organischer Schmutzstoffe und zwar im Sinn einer Oxydation unter der Einwirkung sog. aërober Bakterien bestehen. Dabei tritt aber

[1] Referat aus dem Vortragskurs über Kulturtechnik, Waldstrassenbau, Abwasserreinigung, Kanalisationen und Wasserversorgungen, veranstaltet vom Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein an der E. T. H. im April 1944.

eine Sauerstoffzehrung ein, die allmählich die Tätigkeit dieser Kleinstlebewesen verunmöglicht, wenn nicht ständig frischer Sauerstoff zugeführt wird. An Stelle der aëroben Bakterien treten sog. anaërobe Bakterien, die den für ihren Lebensunterhalt notwendigen Sauerstoff den Schmutzstoffen entziehen, wobei es sich also um einen Reduktionsvorgang, d. h. einen Fäulnisprozess handelt, dessen Endprodukte zum Teil in stinkenden Gasen (Schwefelwasserstoff) bestehen. Daneben entwickeln sich am Flussgrund und an den Ufern andere schädliche Lebewesen, vor allem die Abwasserpilze, während die den gesunden Zustand eines Gewässers kennzeichnenden Grünalgen und die höheren Organismen bis zu den Fischen allmählich verschwinden. Die Zufuhr übermässiger Mengen organischer, d. h. fäulnisfähiger Stoffe in die Flüsse und Seen hat somit ein fortschreitendes Absterben der ursprünglichen Lebewesen und ein Ueberhandnehmen von unerwünschten Lebewesen zur Folge, die schliesslich sowohl in hygienischer als auch ästhetischer Beziehung zu ganz unhaltbaren Zuständen führen können. In dieser Beziehung sind vor allem die Seewasser- und Grundwasserversorgungen gefährdet.

Die hier kurz geschilderten Bedingungen der fortschreitenden Gewässerverunreinigung haben sich selbstverständlich zuerst in dicht bewohnten, stark industrialisierten Gegenden mit im Verhältnis zu den zugeführten Abwassermengen kleinen Vorflutern, bemerkbar gemacht; ferner auch in Gebieten des Tieflandes mit geringen Flussgefällen, weil Flachlandflüsse infolge ihres ruhigen Wasserabflusses wenig neuen Sauerstoff aufzunehmen vermögen. Deshalb finden wir die ersten Bestrebungen zur Abwasserreinigung in Holland, Deutschland, Belgien und England, sowie in den USA. Dort, wo rasch fliessende Gewässer das Land durchziehen, wie an vielen Orten der Schweiz, haben die starke Industrialisierung der letzten 40 Jahre und die durchgehende Einführung der Wasserspülung in den Wohnhäusern ebenfalls zum Teil schwere Mißstände hervorgebracht. Zu beachten ist aber, dass natürliche Seen, sowie künstliche Stauhaltungen in Mittellandflüssen, besonders günstige Voraussetzungen für die Ueberproduktion von Algen und von Fäulniserscheinungen am Grunde schaffen, wie die Erfahrungen der letzten zwei Jahrzehnte erkennen liessen.

IV. Technische Mittel zur Reinigung

Entsprechend der Korngrösse und dem Dispersionsgrade der in den Abwässern vorhandenen Schmutzstoffe lassen sich grundsätzlich drei verschiedene Grade der Reinigung unterscheiden:

1. *Die Grobreinigung* besteht zunächst in der Zurückhaltung der Sperrstoffe, die im Wasser schwimmen (Papier, Küchenabfälle usw.). Sie kann auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. durch feststehende Rechen, die bei grösseren Anlagen mit Rechenputzmaschinen versehen sind, rotierende Rechen- oder Siebtrommeln und dergleichen. Dabei entsteht sofort das Problem der Beseitigung des übelaussehenden und übelriechenden Rechengutes. Das Bestreben geht heute dahin, diese Stoffe zu zerkleinern, zu zerhacken, und sie dem Abwasser wieder beizumischen, wo sie später als absetzbare Stoffe ausgeschieden werden. Ferner ist das Abwasser möglichst zu entsanden, damit der später abzuscheidende Schlamm nicht zu sandhaltig wird, was seine weitere Behandlung erschweren würde. Auch hier begegnet die Technik einigen Schwierigkeiten, auf deren Ueberwindung hier im einzelnen nicht eingetreten werden kann. Endlich ist noch die Entölung oder Entfettung des Abwassers zu erwähnen, sofern sie nicht – was vorzuziehen wäre – am Ort der Entstehung vollzogen wird.

2. *Die mechanische Reinigung oder die Klärung des Wassers.*

Sie beruht auf dem Prinzip, dass kleine, von strömendem Wasser in suspendiertem Zustand fortgerissene Körper mit einem spezifischen Gewicht, das etwas grösser ist als dasjenige des Wassers, in einem Becken mit äusserst geringer Fliessgeschwindigkeit absinken und sich auf dem Boden absetzen. Diese Eigenschaft besitzen diejenigen Schmutzstoffe, die eben als absetzbar bezeichnet werden. In erster Annäherung handelt es sich also um einen rein mechanischen Vorgang, wie dessen Name ausdrückt, jedoch treten bei gewissen Stoffen, die in flockigem Zustand im Wasser enthalten sind, auch Grenzvorgänge auf, die bewirken, dass sich kleinste Flocken durch eine Art Koagulation zusammenballen und der Absetzvorgang dadurch beschleunigt wird. Je nach dem Vorherrschen der einen oder anderen Art des Schlammes (körniger oder flockiger Schlamm) wird die zu wählende Form der Absetzbecken eine andere sein. Flachbecken eignen sich vor allem für körnigen, Tief- oder Trichterbecken für flockigen Schlamm.

Das Problem der Abwasserklärung ist nun eng mit der Frage verknüpft, wie der sich am Boden der Absetzbecken ablagernde organische Schlamm zu behandeln sei. Sich selbst überlassen und ohne Zutritt von Sauerstoff, da er sich ja unter Wasser befindet, wird er unter Mitwirkung anaërober Bakterien in Fäulnis übergehen. Diesen Prozess, die Schlammausfaulung, strebt die Abwassertechnik an, aber er muss so dirigiert werden, dass die sog. alka-

lische Gärung eintritt unter Abscheidung von Methangas und nicht die saure Gärung unter Abscheidung von Wasserstoff und Schwefelwasserstoff. Ferner muss dafür gesorgt werden, dass zwischen dem entschlammten Abwasser und der in Gärung begriffenen Schlammasse kein derartiger Kontakt eintritt, dass das Abwasser ebenfalls in Fäulnis gerät, weil angefaultes Abwasser der späteren Behandlung Schwierigkeiten entgegensetzt. Diese Bedingung bezeichnet man kurz als das Prinzip der Frischhaltung des Abwassers und die entsprechend konstruierten mechanischen Reinigungsanlagen als Frischwasserkläranlagen.

Drei verschiedene Hauptsysteme ergeben sich hieraus: die durchflossenen Faulräume, die zweistöckigen Absetzanlagen, auch Emscherbrunnen genannt, und die getrennten Absetzbecken und Faulräume.

a) Die durchflossenen Faulräume bilden den Prototyp der Klärbecken und sind in zahlreichen Formen unter den sog. Hauskläranlagen vertreten. Dieser Typus in dezentralisierter Form ist aus verschiedenen Gründen nur für ganz kleine Ortschaften und Einzelgehöfte zu empfehlen, weil er dem Grundsatz der Frischhaltung des Abwassers widerspricht, und weil er ohne regelmässige Wartung in den meisten Fällen überhaupt nicht funktioniert, und endlich, weil seine Anwendung und sein geordneter Betrieb für eine grössere Gemeinde teurer und unter allen Umständen weniger rationell sind als der Bau einer zentralen Kläranlage. Die Firma von Roll A.-G., Zürich, schlägt heute für zentrale Kläranlagen mittlerer Gemeinden einen neuen Typus von durchflossenen Faulräumen vor, allerdings in Verbindung mit einer nachfolgenden biologischen Reinigung. Abb. 2 zeigt einen für die Stadt Aachen erstellten durchflossenen Faulraum grosser Abmessungen, der, abgesehen von ästhetischen Mängeln, gut arbeiten soll.

b) Die zweistöckige Anlage (Emscherbrunnen) wird durch Abb. 3 dargestellt. Der Absetzraum im oberen Stockwerk ist mit dem Faulraum nur durch

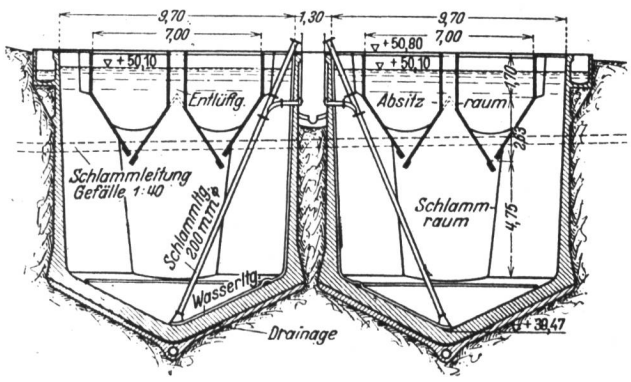

Abb. 3 Emscherbrunnen. Schema

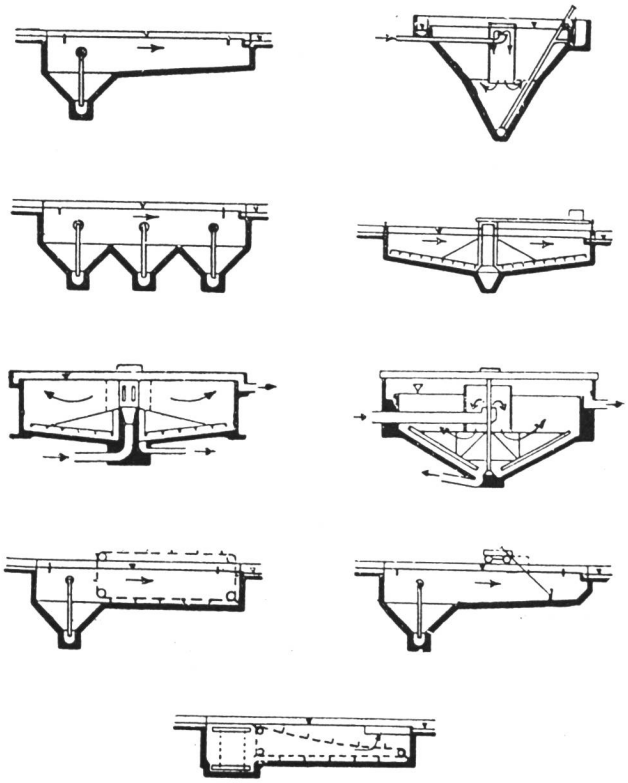

Abb. 4 Absetzbecken. Schema

einen schmalen Schlitz verbunden, durch den der abgesetzte Schlamm in den unten liegenden Faulraum gelangen kann, während die aufsteigenden Gase durch die besondere Formgebung der stark geneigten Trichterwand des Absetzbeckens am Eindringen in den Absetzraum gehindert werden.

c) Absetzbecken mit getrenntem Faulraum werden gemäss den schematischen Darstellungen in der Abb. 4 als *Trichterbecken* oder als *Flachbecken* ausgebildet. Für ihre Bemessung ist bei flockigem Schlamm und Trichterbecken die Aufenthaltszeit, gewöhnlich 1,5 Stunden für den Trockenwetterabfluss, oder bei körnigem Schlamm und Flachbecken die Oberfläche des Beckens massgebend, wobei die experimentell zu bestimmende Sinkgeschwindigkeit die ausschlaggebende Rolle spielt.

Trichterbecken gestatten eine einfache Schlammausräumung mittels eines Rohres, das den immer noch sehr flüssigen Schlamm durch den Ueberdruck des Wassers im Becken in ein tiefergelegenes System von Schlammablaufkanälen fördert. Flachbecken erfordern eine mechanische Einrichtung zur Förderung des Schlammes nach einem Sammeltrichter. Man unterscheidet Langbecken mit Schlammkratzer oder Rundbecken (auch hie und da quadratisch), in denen sich der Kratzer im Kreis drehend bewegt. Beispiele zeigen die Abb. 5—8. Ist in solchen Rundbecken auch flockiger Schlamm auszuscheiden, so werden im Innern des Kreises sogenannte Flokula-

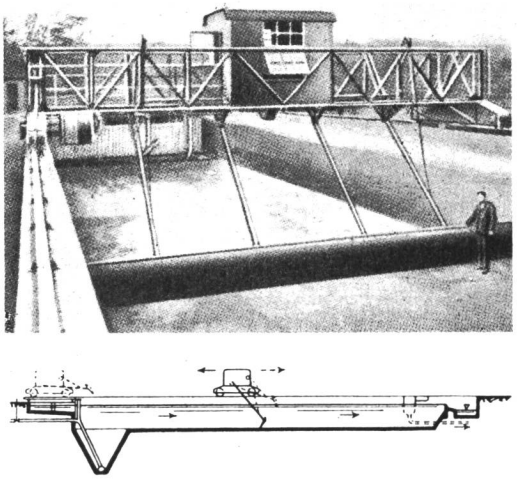

Abb. 5 Flachbecken mit Schildausräumer. Leipzig

tionsschaufeln eingebaut, welche die in den Trichterbecken beim natürlichen Absinkvorgang eintretende Zusammenballung der Schlammteilchen künstlich unterstützen sollen.

Ueber den Grad der in diesen Absetzbecken zu erreichenden Reinigung des Abwassers ist grundsätzlich zu bemerken, dass selbstverständlich nur die absetzbaren Schmutzstoffe entfernt werden können, nicht aber die Schwebestoffe und die kolloidal gelösten und noch weniger die molekular gelösten Stoffe. Nach Abb. 1 sind von den Gesamtschmutzstoffen etwa 50 % als ungelöst zu betrachten, davon sind aber nur etwa $^2/_3$ wirklich absetzbar. Der sogenannte Kläreffekt kann sich also nur auf $^2/_3 . 0{,}5 = {}^1/_3$ der gesamten Schmutzstoffe beziehen. Wenn also dieser Kläreffekt auch 95 % beträgt, so ist dieses Resultat nicht mit dem Reinigungseffekt, der sich auf den gesamten Schmutzstoffgehalt bezieht, zu verwechseln, ein Fehler, der nur allzu oft von mit der

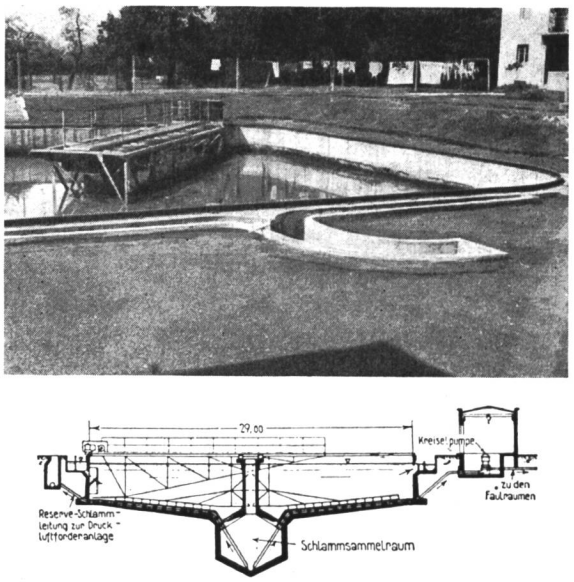

Abb. 6 Quadr. Flachbecken (Paralleldurchfluss). Witten (Ruhrgeb.)

Materie wenig vertrauten Leuten gemacht wird. Zur weiteren Reinigung bedarf es deshalb in sehr vielen Fällen eines weiteren Schrittes, der in der Nachschaltung eines biologischen Reinigungsverfahrens bestehen kann.

3. Biologische Reinigungsverfahren.

Von den verschiedenen, im Laufe der Jahre geprüften biologischen Reinigungsverfahren sollen nur die beiden gegenwärtig noch in Frage kommenden erwähnt werden, das Tropfkörperverfahren und das Belebtschlammverfahren. Beide beruhen auf folgendem Prinzip: Das in einem Absetzbecken vorgeklärte Abwasser wird in der Anlage belüftet und dadurch mit Sauerstoff angereichert, unter dessen Einfluss sich rasch aërobe Bakterien ansiedeln, die nunmehr auch die Oxydation der kolloidal und zum Teil auch der chemisch gelösten Stoffe herbeiführen. Diese Lösungen werden also durch die Tätigkeit der Bakterien in deren Körpersubstanz aufgenommen und nehmen

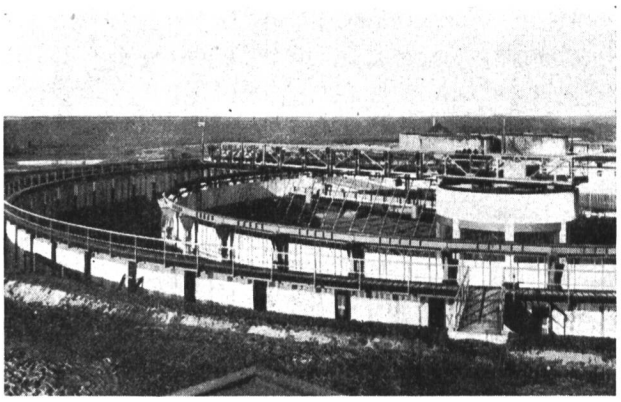

Abb. 7 Rundes Flachbecken (Ø = 68 m). «alte Emschermündung»

nun physikalisch die Form eines flockigen Schlammes an, welcher durch das austretende Abwasser mitgerissen und sodann in einem rein mechanischen Prozesse, der sogen. Nachklärung, ausgeschieden werden kann. Die beiden Systeme unterscheiden sich voneinander durch den Träger des mit Bakterien belebten Schlammes.

a) Tropfkörperverfahren.

Das Verfahren beruht darin, das vorgeklärte Abwasser durch ein Haufwerk von aufgeschütteten, losen, inerten Brocken rieseln zu lassen, durch deren Zwischenräume ein Luftstrom den erforderlichen Sauerstoff zuführt. Die Zufuhr des Wassers erfolgt entweder durch sogenannte Streudüsen oder durch Drehsprenger (Sprinkler). Die Belüftung kann entweder im Gegenstrom zum Wasser von unten nach oben oder aber im Gleichstrom mit dem abwärts rieselnden Wasser künstlich mittels eines Ventilators

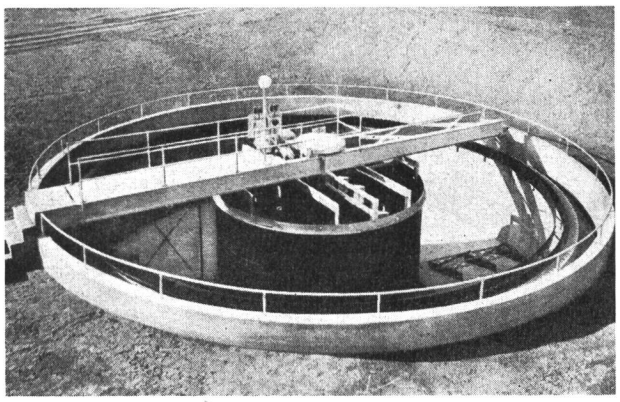

Abb. 8 Rundbecken «Dorr» mit Flokulator. Amerika

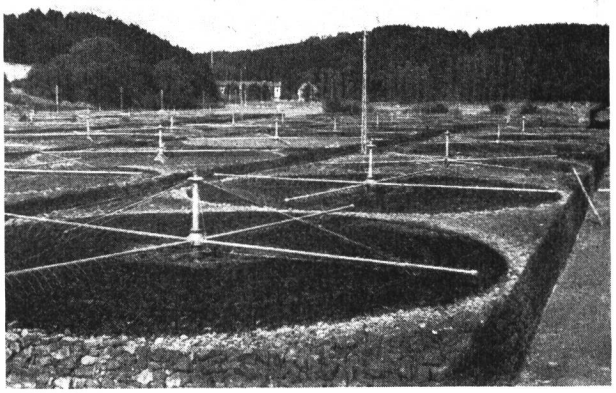

Abb. 10 Tropfkörper, alte Konstruktion mit Drehsprenger. Aachen

erreicht werden. Als Träger des belebten Schlammes bildet sich auf der riesigen Oberfläche der Steinbrocken ein gallertartiger Schleim, der sogenannte biologische Rasen, der beständig neue organische Stoffe absorbiert und bei einer gewissen Spülwirkung des Abwassers in Form eines flockigen Schlammes vom Abwasser mitgeführt wird. Die wichtigste Frage ist also bei diesem Vorgang — neben der ausreichenden Belüftung — die günstigste Belastung der Tropfkörpermasse, gemessen in m^3 Abwasser pro Tag pro m^3 Tropfkörper, so dass einerseits der Körper nicht durch Ueberbelastung verstopft, andererseits ein genügender Reinigungseffekt erzielt wird.

Der sogenannte «normale Tropfkörper» offener Bauart mit intermittierender Besprengung, wie ihn Abb. 9 und 10 zeigen, hat die auf ihn gesetzten Erwartungen nicht erfüllt, hauptsächlich wegen der ungenügenden Belüftung bei den grossen Grundrissabmessungen. Man wagte aus diesem Grunde nicht, mit der Belastung über etwa 1 m^3 Abwasser pro Tag und pro m^3 Tropfkörper zu gehen. Interessanterweise konnte dieses scheinbar unüberwindliche Hindernis einer wirklich rationellen biologischen Reinigung, das jahrelang als Eigenart dieses Systems betrachtet wurde, dadurch umgangen werden, dass eine stärkere Belastung mit Abwasser vorgenommen wurde. Es entstand der hochbelastete umwandete Tropfkörper (Abb. 11), der sich vom alten System in der Hauptsache durch einen gemauerten, beziehungsweise aus Eisenbeton bestehenden Mantel und relativ kleineren Grundrissabmessungen unterscheidet, so dass eine von unten nach oben gerichtete, durch eine Art Kaminwirkung entstehende Belüftung erfolgt. Mit dieser stärkeren Durchlüftung wird eine mindestens vierfache Belastung pro m^3 Tropfkörperinhalt möglich, so dass der Körper stark durchspült wird und nicht der Gefahr der Verstopfung ausgesetzt ist. Mit der Erfindung dieses «Kolumbuseies» hörten aber die Bestrebungen nach weiterer Verbesserung des Systems nicht auf. Es entstand der vollständig geschlossene, das heisst auch oben abgedeckte Hochleistungstropfkörper (Abb. 12), der aber einer künstlichen Ventilation mit Luftzufuhr im Gegenstrom bedarf.

Eine der neuesten Erfindungen auf diesem Gebiet ist die sogenannte Biofiltration, die in einer noch kräftigeren Durchspülung des oben offenen Tropfkörpers besteht; diese wird dadurch erreicht, dass

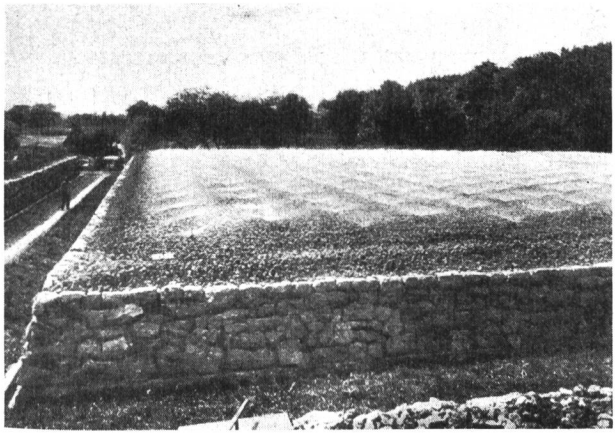

Abb. 9 Tropfkörper, alte Konstruktion mit Düsen. St. Gallen

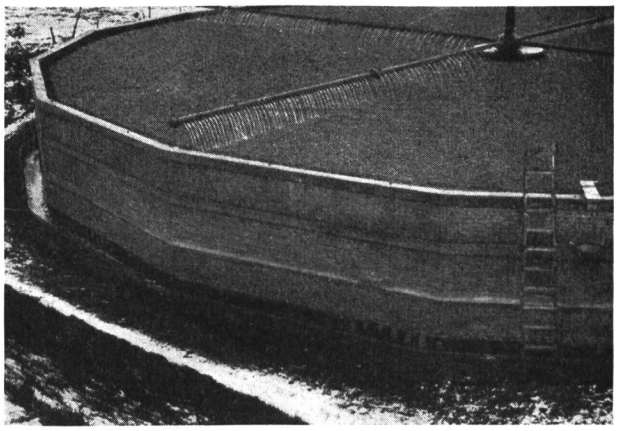

Abb. 11 Geschlossener, hochbelasteter Tropfkörper. (Kessener) Winterswejk (Holland)

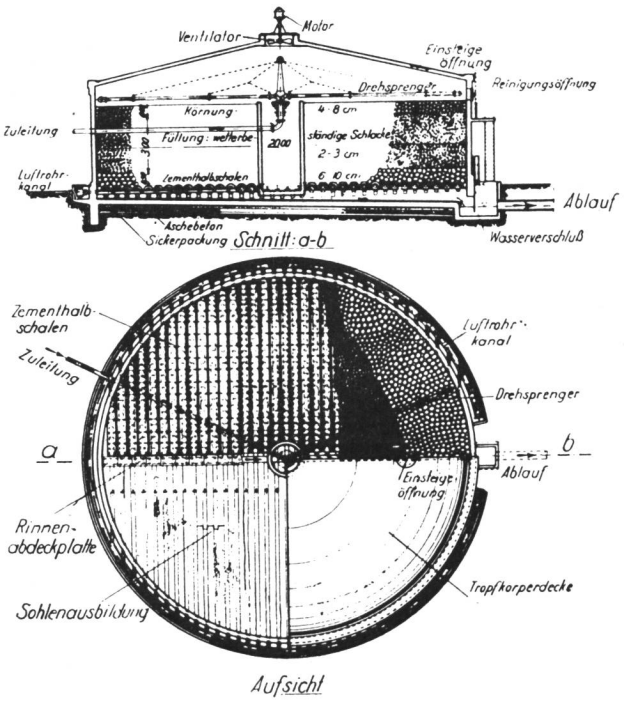

Abb. 12 Gedeckter Tropfkörper mit künstlicher Belüftung. Schema

man das zu reinigende Abwasser mit nachgeklärtem Wasser mischt. Im Gegensatz zu den anderen Anordnungen ist hier stets eine konstante Totalbelastung auch in den abwasserärmeren Nachtstunden vorhanden.

Welches der neuen Systeme in bezug auf den Reinigungseffekt und die Anlage- und Betriebskosten den Vorzug verdient, kann erst nach Abschluss der zur Zeit in Vorbereitung befindlichen Vergleichsversuche mit Sicherheit beurteilt werden.

b) Belebtschlammverfahren.

Bei diesem dem natürlichen Reinigungsprozess in einem Gewässer nachgebildeten Verfahren wird dem mechanisch vorgeklärten Abwasser in den sogenannten Belüftungsbecken künstlich Sauerstoff zugeführt. Als Träger des Belebtschlamms funktioniert also nicht mehr ein an festen Steinbrocken haftender biologischer Rasen, sondern das Abwasser selbst. Schon kurze Zeit nach Beginn der Belüftung bildet sich im Wasser ein flockiger Schlamm, in der Hauptsache aus niederen Lebewesen bestehend, die unter dem Einflusse der Sauerstoffzufuhr die gelösten organischen Schmutzstoffe aufspalten und zu ihrem Körperaufbau verwenden. Da dieser Schlamm nicht an den Ort gebunden ist, sondern von dem das Belüftungsbecken durchfliessenden Abwasser fortgeschleppt und im Nachklärbecken abgesetzt wird, muss — als wesentlicher Bestandteil des Verfahrens — stets ein Teil des abgesetzten Schlammes wieder nach dem Belebungsbecken zurückgepumpt werden. Man bezeichnet diesen Schlamm als Rücklaufschlamm. Er hat die Aufgabe, das frisch zufliessende Abwasser beständig mit den Bakterien zu impfen, so dass der Betrieb kontinuierlich wird. Einer der ersten Versuche, diese Idee praktisch zur Anwendung zu bringen, zeigt Abb. 13, wo das Abwasser mittels grosser Paddel in einem Rinnensystem herumgewälzt wird, wobei die Luftzufuhr durch Aufpeitschen des Wassers erfolgt.

Vervollkommnet wurde das Verfahren durch Anwendung langsam durchflossener Belüftungsbecken, bei denen das Wasser quer zur allgemeinen Fliessrichtung durch Bürstenwalzen hoher Tourenzahl gepeitscht wird. Durch kräftiges Aufspritzen der Wasseroberfläche gelangen die Wasserteilchen in engen Kontakt mit der atmosphärischen Luft und nehmen Sauerstoff auf. Gleichzeitig wird der Inhalt des

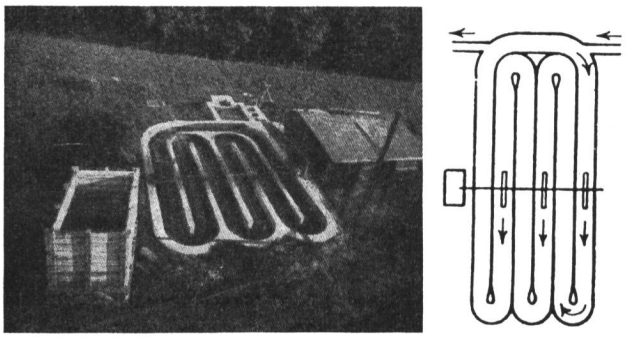

Abb. 13 Belebtschlammanlage «Haworths», ältestes System. Waldenburg

Beckens in Zirkulation gesetzt, so dass als Resultante aus Längsbewegung und Zirkulation eine Spiralbewegung im Becken entsteht, die jede Schlammablagerung am Boden vermeidet (Abb. 14). Schliesslich sei der Vollständigkeit halber noch eine Belüftungsanlage mittels *Druckluft*, die am Boden des Beckens eingeblasen wird, kombiniert mit einem langsam drehenden *Rührwerk* erwähnt (Abb. 15), die aber wegen der hohen Betriebskosten weniger Bedeutung hat. Hervorzuheben ist dagegen das Z-Verfahren von Ingenieur P. Zigerli. Es besteht darin, dass in einem normalen Belebungsbecken nach Abb. 14 dem Abwasser eine sehr geringe Menge Asbestfasern beigemischt wird. Dieses feinst verteilte Material bewirkt eine Adsorption kolloidal gelöster Abwasserstoffe, also eine rascher als beim gewöhnlichen Verfahren eintretende Flockenbildung und damit eine Abkürzung des Reinigungsprozesses. Biologische Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Abbau der organischen Substanzen relativ mehr Bakterien im Verhältnis zu den Protozoen beteiligt sind, und dass darin schliesslich die intensivere Wirkung des Verfahrens begründet zu sein scheint. Jedenfalls haben Vergleichsversuche in Zürich gezeigt, dass bei

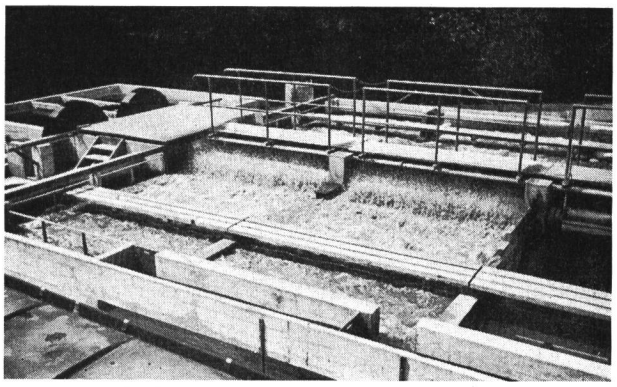

Abb. 14 System Kessener mit Oberflächen-Belüftung. Werdhölzli

einem verlangten Reinigungseffekt mit einem etwa zweieinhalbmal kleineren Belüftungsbecken auszukommen ist. Demgegenüber verlangt das Verfahren allerdings grössere Nachklärbecken.

c) Auf die direkte biologische Reinigung in *Rieselfeldern* und dergleichen, sowie in Fischteichen, kann in diesem Zusammenhang nicht eingetreten werden. Derartige Anlagen haben übrigens für die Schweiz keine Bedeutung.

d) Reinigungsgrad.

Man unterscheidet bei den biologischen Verfahren zwischen Vollreinigung und Teilreinigung. Beim ersten können, bezogen auf die organischen Schmutzstoffe, gegen 95 % zurückbehalten werden; der Reinigungseffekt beträgt also 95%. Die Teilreinigung beschränkt sich auf die Ausschaltung der leichter abbaubaren organischen Stoffe. Es ist Sache der Untersuchung des Vorfluters, zu entscheiden, welcher Grad der Reinigung unter Berücksichtigung des Selbstreinigungsvermögens einzuhalten ist.

Es ist in letzter Zeit viel davon gesprochen worden, dass die bisher verlangte Vollreinigung des Abwassers nicht genüge, um den unzulänglich gewordenen Zustand einiger Schweizerseen wieder in den normalen zurückzuführen. Der Grund für diese neueste Auffassung ist darin zu suchen, dass selbst gewisse vollständig mineralisierte Verbindungen, zum Beispiel Nitrate, als Düngmittel wirken, die das Ueberhandnehmen des Planktons und — bei dessen Absterben — eine sekundäre Verunreinigung des Sees mit ihren üblen Folgen bewirken. Ohne Zweifel sind die heutigen Abwasserreinigungsverfahren noch nicht vollkommen. Es sollten Mittel und Wege gefunden werden, um die genannten Pflanzennährstoffe ohne Ausnahme im Schlamm zurückzuhalten und so der Landwirtschaft zuzuführen. Verfahren hiezu sind noch nicht bekannt. Daraus aber den Schluss ziehen zu wollen, dass die Reinigung des Abwassers überhaupt zwecklos sei, wäre ein fundamentales Missverständnis. Es braucht keine langen Erklärungen, um einzusehen, dass das, was mit den bisherigen Verfahren erreicht wird, nämlich die Zurückhaltung eines hohen Prozentsatzes an organischen, sauerstoffzehrenden Verbindungen, um ein Vielfaches besser ist als der bequeme Verzicht auf den so notwendigen Kampf gegen ein stets zunehmendes Uebel.

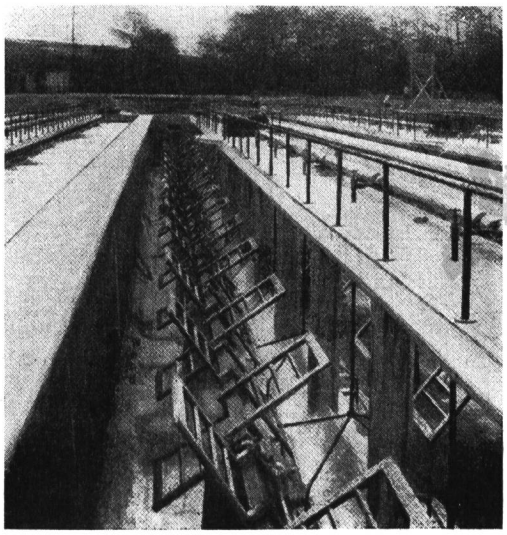

Abb. 15 System Imhoff, Druckluft und Rührwerk. Essen-Rellingshausen

V. Die Behandlung des Schlammes

Die Behandlung des sowohl in den Absetzbecken der mechanischen Reinigungsstufe als in den Nachklärbecken der biologischen Stufe ausgeschiedenen Schlammes bildet einen wichtigen Teil der Abwassertechnik. Es handelt sich darum, die dem Abwasser entzogenen organischen Stoffe der Wirtschaft wieder zurückzuführen. Es sei vorausgeschickt, dass sich die direkte Verwendung des Frischschlammes aus den Klärbecken als Düngmittel nicht empfiehlt, sondern dass dieser Schlamm zuerst einem Ausfaulungsprozess unterzogen werden muss, der im Interesse der Landwirtschaft nicht auf den Wiesen und Feldern vor sich gehen soll. Dieser Ausfaulungsprozess findet in den sogenannten Faulräumen statt, die bei den zweistöckigen Anlagen laut Abb. 3 oder 16 sich in *einem* Bauwerk mit den mechanischen Absetzräumen befinden, viel häufiger aber als separate Bauwerke erstellt werden. Hiefür spricht in vielen Fällen, namentlich auch für schweizerische Verhältnisse, die starke Abhängigkeit der Schlammausfaulung von der Temperatur des Schlammes. Es handelt sich um einen unter Luftabschluss vor sich gehenden, also anaëroben Vorgang, in dem Gärungsbakterien die Umwandlung des Schlammes vollziehen, aber nur bei Temperaturen, die bedeutend höher als 6° C liegen, optimal bei 25—35° C. In unseren klimatischen Verhältnissen wird dieses Optimum nur durch künstliche

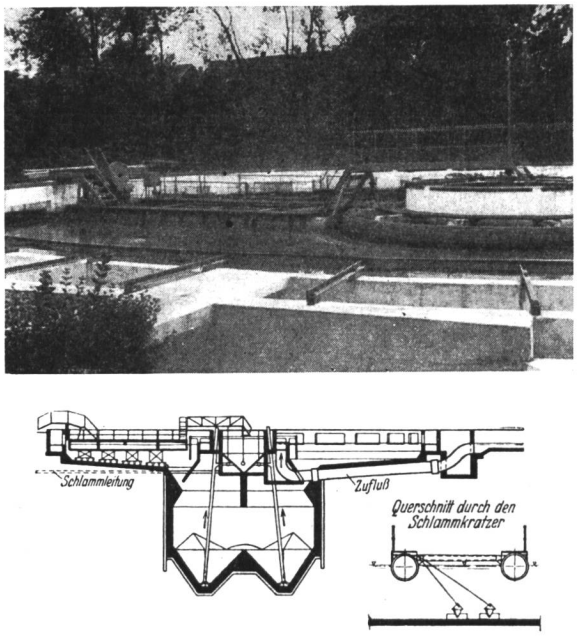

Abb. 16 Zweistöckige Anlage: Flachbecken-Faulraum

Heizung des Schlammes erreicht, wozu sich die zweistöckigen Anlagen wenig eignen.

Für die richtige Schlammbehandlung ist, wie erwähnt, die sogenannte alkalische Gärung erforderlich, bei der Methangas abgesondert wird und der Schlammrückstand eine optimale Zusammensetzung und Konsistenz erhält, um als Jauche auf die Felder gebracht zu werden. Der richtig ausgefaulte Schlamm macht keine weitere Fäulnis durch, auch ist er nicht übelriechend und verstopft die Poren des Erdreichs nicht. Für die Verwendung als Gartendünger kann er noch in Trockenbeeten weiter entwässert werden. Abb. 17 zeigt die Anordnung eines getrennten Faulraums mit einer Vorkehrung (Schraubenschaufler) für die Umwälzung des Schlammes, zwecks Impfung des neu hinzukommenden Frischschlammes mit den Gärungsbakterien und zwecks Zerstörung der unter dem Einfluss der aufsteigenden Methangasblasen sich bildenden Schwimmschicht. Das Gas selbst wird in

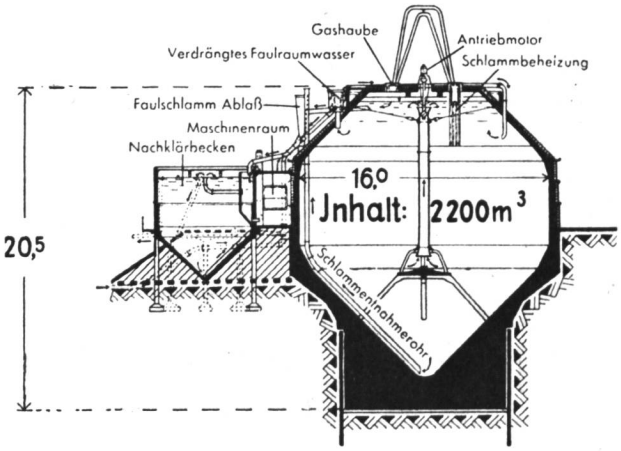

Abb. 17 Getrennter Faulraum. Schema

einer in der Decke des Faulraums angebrachten Gashaube gesammelt und mit einem gewissen Ueberdruck gegenüber dem äusseren Luftdruck in einen Gasometer abgeleitet. Bei kleineren Anlagen dient das Gas zur Heizung des Schlammes, für die in Abb. 17 Heizschlangen, ähnlich einer Zentralheizung, eingebaut sind. Bei Grossanlagen kann ein bedeutender Gasüberschuss für industrielle Zwecke verwendet werden (Kochgas, Treibgas für Lastwagen usw.).

Die Decken der Faulräume können, wie aus Abb. 18 ersichtlich, verschieden ausgebildet werden, als schwimmende Gasdecke oder feste Gasdecke; in diesem Falle muss für beste Abdichtung und Aufrechterhaltung eines Gasüberdruckes gesorgt werden, um die Mischung mit atmosphärischer Luft (Knallgasbildung) zu verhüten. Die Zerstörung der Schwimmdecke und die Impfung des Frischschlammes können übrigens durch Rührwerke, drehbare Heizrohre usw. ebenso erreicht werden. Zur Bemessung der Schlammräume dienen die Imhoffschen Grundzahlen, die zum Beispiel angeben, dass bei einer Schlammtemperatur von 16° C pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung ein Rauminhalt von 30 l

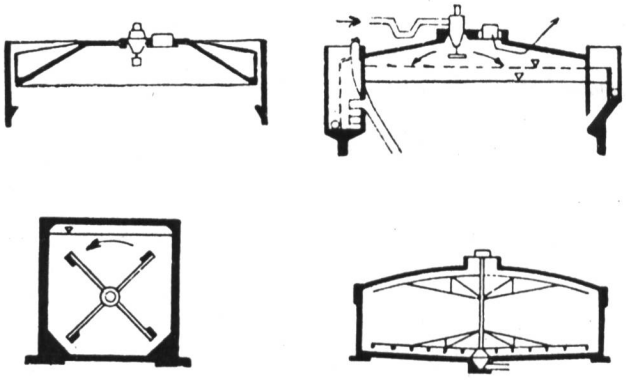

Abb. 18 Gashaube, Rührwerk, Schlammverteilung und Heizung

erforderlich ist. Höhere Temperaturen erlauben eine Reduktion des Schlammraumes. Diese Zahlen beziehen sich auf deutsche Verhältnisse und berücksichtigen die Schlammengen der biologischen Reinigung nicht.

VI. Versuchsanlagen

Zahlreiche Fragen der Abwassertechnik sind noch nicht restlos abgeklärt. Die Arbeitsbedingungen der verschiedenen Systeme, namentlich der biologischen Reinigung, sind noch weiter zu prüfen und miteinander unter gegebenen Bedingungen zu vergleichen. Eine solche Versuchsanlage besitzt die Beratungsstelle der ETH. für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung (Abb. 19 u. 20). Bisher besteht eine im technischen Maßstab arbeitende Einrichtung für das Studium der Belebtschlammverfahren, die aber

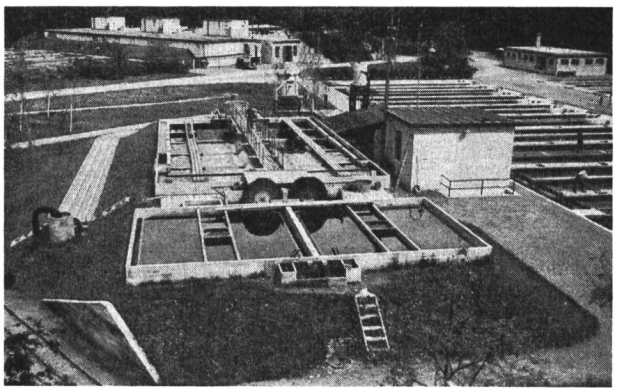

Abb. 19 Versuchsanlage E. T. H. Werdhölzli

gerade gegenwärtig durch eine Tropfkörperanlage ergänzt wird. Die Einrichtung gestattete, nicht nur baulich, sondern auch betriebstechnisch wertvolle Erfahrungen zu sammeln und wird ferner hoffentlich dazu führen, zwischen den streitenden Brüdern, Tropfkörper und Belebtschlammverfahren, einen modus vivendi zu finden. Sie ist ferner auch dazu bestimmt, in die oben angedeuteten noch unabgeklärten Probleme etwas Licht zu bringen.

VII. Einige Bemerkungen zur Kanalisation

Die Kanalisation ist nach dem Grundsatze der Frischerhaltung des Sauerstoffgehaltes des Abwassers so anzuordnen, dass sie das Abwasser auf dem kürzesten und raschesten Weg der zentralen Reinigungsanlage zuführt. Von den zwei bekannten Anordnungen: Mischsystem und Trennsystem, hat jede für die Abwasserreinigung Vor- und Nachteile: Das Mischsystem ist baulich einfacher und deshalb billiger, sein Nachteil besteht in der grossen Inkonstanz der Wasserzufuhr. Da die Reinigungsanlagen auf den auf zirka 14 bis 16 Stunden konzentrierten Tages-Trockenwetterabfluss dimensioniert werden, bedeutet der Zufluss von Regenwasser eine starke Ueberlastung, gegen die man sich mit dem Hilfsmittel der Regenwasserentlastungen wehrt. Dieses Verfahren bringt aber den Nachteil der Zufuhr grosser Schmutzmengen in den Vorfluter. Als Verbesserung des bisherigen Verfahrens wären deshalb Regenwasserklärbecken zu empfehlen. Das Trennsystem ist kompliziert und teuer. Es hat aber den Vorteil relativ geringer Schwankungen des Abwasserzuflusses, wäre also, wenn nicht zwingende finanzielle Gründe dagegen sprächen, zu empfehlen, wobei allerdings auch hier ein gewisser Nachteil in Kauf genommen werden müsste, nämlich die Verschmutzung des Vorfluters bei starken Gewittern durch Abschwemmung von Schmutzstoffen aus Strassen und Plätzen.

Zusammenfassend empfiehlt sich grundsätzlich das Mischsystem (unter Anwendung der Regenwasserklärbecken) überall dort, wo das Wasser in genügender Tiefe unter den Kellerböden der Häuser mit eigenem Gefälle der Reinigungsanlage zufliessen kann. Auf jeden Fall ist dafür zu sorgen, dass unverschmutztes Brauchwasser der Industrie, z. B. Kühlwasser, nicht in die Reinigungsanlage geführt wird, und dass die Kanalisation dicht ist, damit kein unnötiger Grundwasserzufluss eintritt. Unverschmutzte Seitenbäche sind direkt dem Vorfluter, nicht der Kanalisation und Reinigungsanlage, zuzuleiten. Das Trennverfahren dürfte dagegen dort Anwendung finden, wo die topographischen Verhältnisse die Entwässerung der Keller nach der Reinigungsanlage mit eigenem Gefälle nicht gestatten, sondern ein Heraufpumpen erfordern, also in tiefgelegenen Quartieren. Es wäre in der Tat unwirtschaftlich, auch das Regenwasser in die Reinigungsanlage zu pumpen.

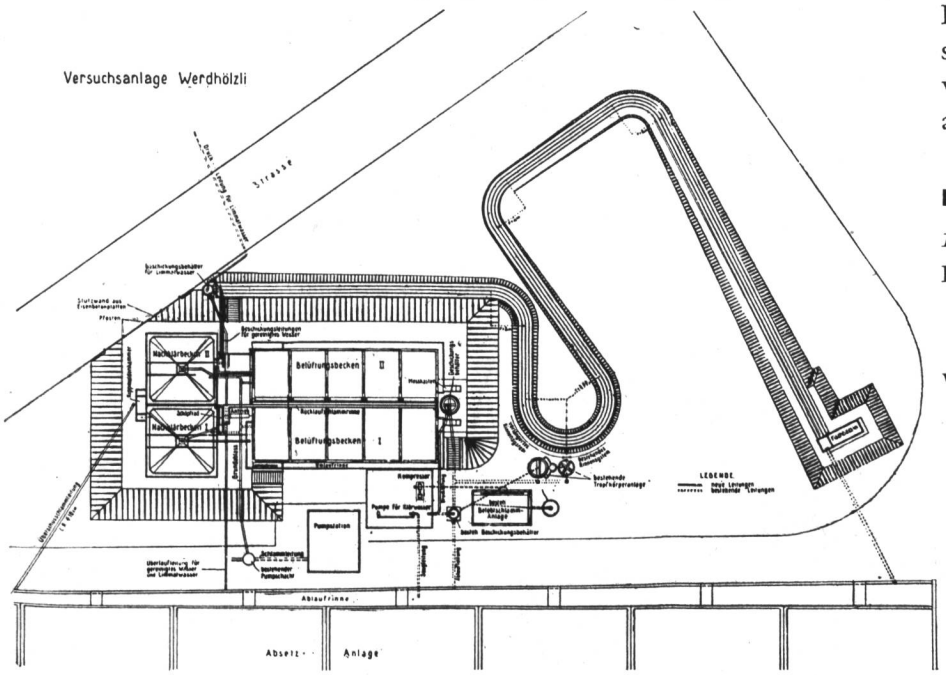

Abb. 20 Versuchsanlage E. T. H.

Literaturangaben

1. Handbücher

K. Imhoff
Taschenbuch der Stadtentwässerung, 10. Aufl., 1944, Verlag: Oldenbourg, München

W. Geissler
Kanalisation und Abwasserreinigung, 1933. Verlag: Julius Springer, Berlin

H. Bach — Die Abwasserreinigung, 2. Aufl. 1934 Verlag: Oldenbourg, München
Brix, Imhoff, Weldert. — Die Stadtentwässerung in Deutschland, Bd. I u. II, 1934, Verlag: Gustav Fischer, Jena
B. Böhm — Gewerbliche Abwässer, ihre Reinigung, Beseitigung und nutzbare Verwertung. Verlag: O. Elsener, Berlin
Cantermann — L'épuration des eaux usées en Hollande, 1925
Imbeaux — Qualités de l'eau et moyens de correction, 1935. Verlag: Dunod, Paris

2. Zeitschriften

Gesundheitsingenieur
Zeitschrift für die gesamte Städtehygiene. Verlag: Oldenbourg, München
Sumery of current literature
Department of scientific and industrial research. Verlag: His majesty's stationery office, London
Sewage Work Journal
Federation of Sewage Works Associations, Lancaster
Wasser und Abwasser
Verlag: K. Heimanns, Berlin
Techn. Gemeindeblatt
Verlag: K. Heimanns, Berlin
Jahresberichte des Reichsinstitutes für Abwasserreinigung
Verlag: 'S-Gravenhagen (Holland)

Wasserabfluss, Bodenbewegungen und Geschiebetransport in unsern Berglandschaften

Von Dr. *Hans Stauber*, Geologe, Zürich 7. (Schluss)

Nach diesen Ausführungen über die primären Versumpfungsursachen in einem kleinen Geländeausschnitt ist es notwendig, das Entwässerungsvorgehen an einer grösseren, typischen Geländeübersicht weiter zu behandeln. Abb. 26 zeigt einen grösseren, schematisierten Berghangabschnitt im Profil mit einer auflagernden Schuttdecke, einem Wildbachtobel, sowie mit Quellen und Bodenbewegungen. Das rechts oben verlaufende Wasser einer starken Bergquelle versickert in die untere Schuttdecke und wird teilweise in gröberen Steinlagen, Anrissen und Rutschflächen etc. an vier kleineren Quellen wieder an den Hang hinausgeführt. Eine andere grosse versickerte Quellwassermenge vernässt und durchströmt abwärts zunehmend das Schuttmaterial und wird vielerorts unter hohen hydrostatischen Drucken wieder diffus an die Oberfläche abgegeben als sog. «Bergschweiss» oder «Bergdruck». Die Schuttdecke ist in diesem Zustande stark gespannt, überlastet und rutschreif und zeigt daher Anrisse, Gleitflächen, Rutschungen und Sakkungen in das Tobel hinab. Fassen wir nun zuerst die obere Hauptquelle, dann auch das Wasser der untern vier verlaufenden Quellen und leiten es unschädlich in guten Bächlein ab, so wird der Grundwasserabfluss und die Vernässung in der Schuttdecke gering werden. Die ganze Decke kann gleichmässig trocknen und sich damit festigen. Der Grundwasserspiegel sinkt tief in den Schuttuntergrund, und dementsprechend wird die Versickerung des ortseigenen Niederschlagswassers wie in den höheren, lockeren Berggebieten tief gehen und dann als Grundwasser an den vier Quellen ruhig und gleichmässig ans Tageslicht geführt. Es bestehen so in jedem Schuttdeckenprofil schon von Natur aus gegebene, mehr oder weniger grosse «Entwässerung-Drainageanlagen». In diesem Beispiel sind somit die untern vier Quellen mit ihren Einzugsgebieten solche Natur-Entwässerungssysteme. Diese Naturanlagen können aber nur dann gut funktionieren, wenn die Schuttdecke eine Versickerung und Retention des meteorischen Wassers ermöglicht, also der Untergrund nicht schon vom ganzen obern Ablaufwasser erfüllt und durchströmt wird. Liegt auf der obern Terrasse ein ganzer Quellenkranz oder ein starker diffuser Grundwasseraustritt, so kann das gesamte Wasser mit einem passend geführten Abfanggraben gesammelt und unschädlich abgeleitet werden. Die systematische Wasserregulierung und ihr zeitliches und örtliches Vorgehen muss aber mit vollständiger Uebersicht der Verhältnisse, des Wasserabflusses, der Untergrundverhältnisse, der Bodenbewegungen, der Versumpfungen usw. am ganzen Berghange vom Hydrogeologen als Arzt für solche Operationen projektiert werden zur erfolgreichen, möglichst einfachen und billigen Durchführung.

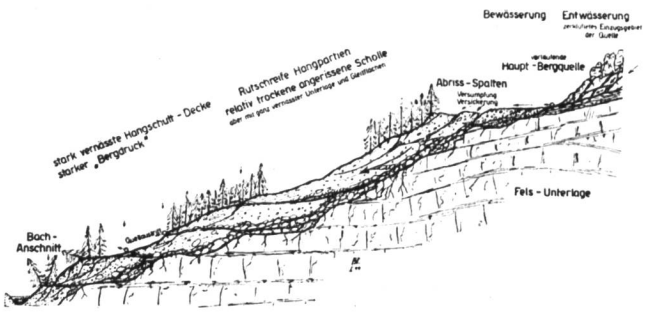

Abb. 26 Schematisiertes Berghang-Profil

In Abb. 27 zeige ich an einem ganzen schematisierten Talquerschnitte und in einer Gesamtübersicht den Wasserabfluss und setze die sachgemässe Wasserregelung auseinander. Das schematisierte Talprofil ist sowohl für ein kleines Wildbachtobel von z. B. 700 m Hanghöhe wie auch für ein grosses Haupttal mit z. B. 4—6 km Hang-Dachbreite — wie im Lugnetz-, Nolla- und Prätigaugebiete usw. und in vielen andern Bergtälern — also in jedem Maßstabe in glei-