

Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Abwassertechnik: Vorlesung

Autor(en): **Heierli, Richard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 23: **Sonderheft der GEP**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84528>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Vorlesung von Prof. R. Heierli, gehalten im Rahmen der GEP-Jubiläumskurse am 26. September 1969 im Auditorium Maximum der ETH Zürich

1. Einleitung

Wasser ist die unabdingbare Voraussetzung jeden Lebens. Aber darüber hinaus ist eine hohe Stufe der Zivilisation und damit auch eine hohe Kultur bei Mangel an Wasser nicht denkbar. Glücklicherweise wird man sich in unserem Lande gar nicht bewusst, wie sehr unser modernes Leben, auch unsere Wirtschaft, vom Wasser abhängig ist. Ich sage glücklicherweise, denn damit wird deutlich, wie gross die Sicherheit der dauernden, genügenden Versorgung mit dem kostbaren Gut Wasser bei uns geworden ist. Da aber die gelieferten Wassermengen nur zum kleinsten Teil verbraucht werden, benötigen wir nicht nur eine Wasserversorgung, sondern auch eine Abwasserbeseitigung. Die Siedlungswasserwirtschaft, in deren Rahmen wir in der Schweiz auch die Industrierwasserwirtschaft einschliessen, befasst sich mit dem Wasser in diesem Sinne und ist damit auch für unser Land fraglos ein schicksalhaftes Teilgebiet der Wasserwirtschaft.

Wenn die Versorgungssicherheit in unserem Lande erfreulich genannt wurde, so ist das Bild beim Abwasser bei weitem nicht so günstig. Das hat seine tiefere Ursache unter anderem darin, dass man lange Zeit diese Seite der Siedlungswasserwirtschaft nicht im Zusammenhang mit der Wasserversorgung betrachtet hat. Dieses Nicht-Erkennen eines natürlichen Zusammenhanges hat dann beim Wasser die bekannten, ungünstigen Auswirkungen auf unsere Umwelt gehabt. Dass die Siedlungswasserwirtschaft als Ganzes zu betrachten sei, wird deshalb heute zu Recht gefordert. Die Forderung ist bei der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, der EAWAG, verwirklicht, und die neue Professur für Siedlungswasserbau an der ETH Zürich schafft eine weitere Voraussetzung in dieser Richtung. Hoffen wir, dass sich diese Forderung auch im politischen Bereich, etwa bei der Organisation der Verwaltung in Bund, Kantonen und Gemeinden oder bei der Finanzierung ebenfalls rasch verwirklichen lasse.

Die Aufgaben des Siedlungswasserbauers betreffen zunächst einmal die Wasserwirtschaft im allgemeinen. Weitere Aufgabenkreise seiner Arbeit sind die Wasserversorgung und die Abwassertechnik. Hier hat er die praktischen Massnahmen zu planen, zu projektieren und auszuführen. Zusätzlich gehören die Technik der Abfallbeseitigung und weitere Gewässerschutz-

massnahmen zur Siedlungswasserwirtschaft.

Ich glaube, Ihnen diesen Überblick schuldig zu sein, weil ich mich nun beschränken möchte auf die Abwassertechnik, im Bewusstsein, damit nur eines der Gebiete der Siedlungswasserwirtschaft, wenn auch ein sehr bedeutsames, im Sinne eines Überblickes behandeln zu können. Die Abwassertechnik soll dabei unterteilt werden in die Bereiche Kanalisation, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung, und ich möchte in dieser Reihenfolge einige neuere Entwicklungen, wie sie vor allem in unserem Lande sichtbar werden, schildern.

2. Kanalisation

2.1 Grundsätzliches

Die wirtschaftliche und technische Bedeutung der Kanalisationen wird oft unterschätzt. Kläranlagen sind wohl spektakuläre Bauwerke, aber doch eben nur Schlusssteine bei der Abwasseranierung. Eine einwandfreie Ableitung des Abwassers ist immer Voraussetzung und kostet meist ein paarmal mehr als die Kläranlage.

Eine der wesentlichen neueren Entwicklungen ist die in hoch entwickelten Ländern weltweit bestehende Tendenz, das Abwasser zu wenigen grossen, regionalen Kläranlagen zu führen, statt viele kleine Anlagen zu bauen, wenn immer dies wirtschaftlich vertretbar ist. Das hat entscheidende Vorteile. Das hat aber andererseits zur Folge, dass grosse regionale Sammelkanäle gebaut werden müssen. Ein Beispiel zeigt Bild 1. Das hier geplante, regionale Sammelnetz

bedient ein grosses, industrialisiertes Gebiet. Die Kanäle überschreiten Landesgrenzen und niedrige Wasserscheiden. Querschnitte bis 10 m² und mehr kommen in Frage, entsprechend etwa den Abmessungen von Fussgängerunterführungen.

Eine Betrachtung neuerer Entwicklungen der Abwassertechnik muss die alte Frage Trennsystem oder Mischsystem für öffentliche Kanalisationen zumindest streifen. Wir haben in der Schweiz nicht die Absicht, von der Bevorzugung des Mischsystems, also der gemeinsamen Ableitung von Schmutzwasser und Regenwasser im selben Kanal, abzugehen; das gilt aber nur für den Normalfall relativ dichter Besiedlung unter den Verhältnissen des schweizerischen Mittellandes. Diese Auffassung stützt sich auf die Erkenntnis, dass die Belastung des Vorfluters mit Schmutz im Normalfall beim Trennsystem nicht geringer sein dürfte als bei einem nach den schweizerischen Richtlinien bemessenen Mischsystem. Ein schematisches Beispiel dazu zeigt Bild 2. Berücksichtigt man noch die Tankwagenunfälle und die neueren Messungen über die hohe Verschmutzung von Schneeschmelzwasser, so ergeben sich beim Mischsystem sogar gewässerschützerisch bedeutsame Vorteile. Es ist hier auch der Ort, festzustellen, dass in unserem Lande seit 1967 die Richtlinien über die technische Gestaltung und Bemessung von Abwasseranlagen des Eidg. Departementes des Innern unter anderem die hauptsächlichsten Grundwerte für die Bemessung der Kanäle festlegen, so dass erwartet wer-

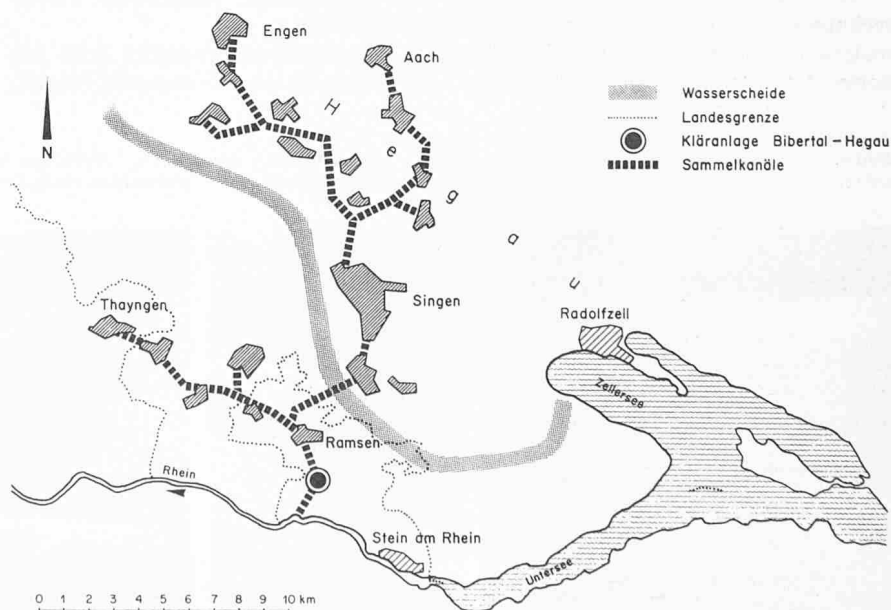


Bild 1. Abwassertechnischer Zusammenschluss im Raume Singen

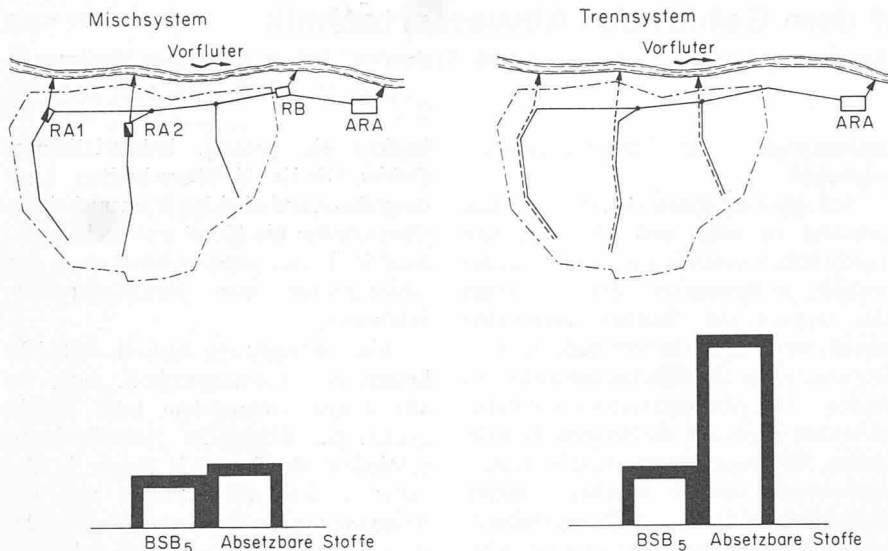


Bild 2. Schematische Darstellung der Vorfluterbelastung in Bezug auf BSB₅ und absetzbare Stoffe beim Trennsystem und beim Mischsystem

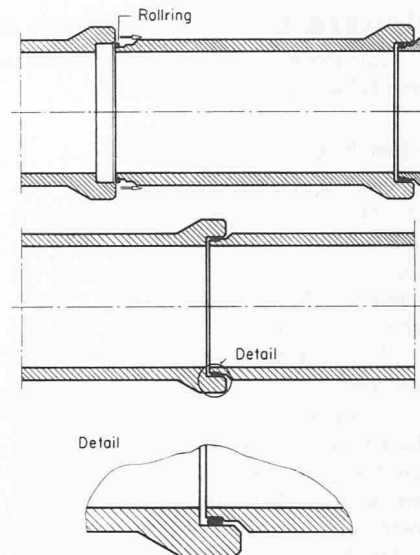


Bild 3. Schematische Darstellung des Abdichtens von Glockenmuffen mit Rollringdichtung

den darf, dass unsere neuen Kanalnetze auf die modernen Erkenntnisse Rücksicht nehmen.

2.2 Neuere Rohrmaterialien

Für den Bau von Kanälen bis zu einem Durchmesser von etwa 1,2 m erweist sich das vorfabrizierte Rohr als wirtschaftlich. In Sonderfällen sind aber auch viel grössere Kaliber vorfabriziert erstellt worden. Man darf feststellen, dass die Vorfabrikation hier ein ihr gemässes Anwendungsgebiet gefunden hat. Die Abwassertechnik nützt also die Vorteile der Vorfabrikation an geeigneter Stelle schon lange aus. Versuche, sie auch im Bau von Kläranlagen nutzbar zu machen, haben demgegenüber eine bescheidene Auswirkung, wenn sie auch im Einzelfall durchaus ihre Berechtigung haben mögen.

Nach wie vor ergeben die Vergleichsrechnungen für das Stahlbetonrohr normalerweise die günstigsten Preise. Die hohen Anforderungen an die Dichtheit,

vor allem über Grundwasser, haben dazu geführt, dass für Abwasserleitungen immer mehr Glockenmuffenrohre mit Rollringdichtungen eingesetzt werden. Einen Schnitt zeigt Bild 3. Der Gummiring wird auf das Spitzende des Rohres aufgezogen und durch Überziehen der Glocke in seine endgültige dichtende Lage gebracht. Der Einbau dieser Dichtung, den man auf Bild 4 sieht, ist weit weniger witterungsempfindlich als andere Methoden. Dieser Umstand, ferner die Sicherheit der Verbindung und die Arbeitersparnis dürften in der Zukunft zu einer weiteren Verbreitung dieser Dichtungsart führen.

Auch beim Steinzeug sind die Rohrstösse verbessert worden. Bereits bei der Fabrikation aufgebrachte Kunststoffdichtungen müssen beim Verlegen nur noch zusammengepresst werden, wobei eine wasserdichte, nachgiebige Verbindung entsteht.

Asbestzementrohre haben beim Bau von Abwasserkanälen ebenfalls Eingang

gefunden. Auch für diese Rohre steht eine einwandfrei dichtende, gewisse Rohrbewegungen zulassende Kupplung zur Verfügung, wie sie Bild 5 zeigt.

In letzter Zeit hat man auch Kunststoffrohre beim Bau von Kanalisationen verwendet (Bild 6). Ihre Vorteile liegen beim sehr geringen Gewicht, guter chemischer und mechanischer Festigkeit sowie in der einfachen und sauberen Bearbeitungsmöglichkeit. Diese Vorteile müssen mit einem verhältnismässig hohen Preis erkauft werden, so dass die Anwendung bisher eher auf Sonderfälle beschränkt geblieben ist.

Während das Rohrmaterial selbst und die Rohrstösse mit den genannten modernen Methoden einwandfrei gedichtet werden können, geben die Anschlüsse von Grundstücksentwässerungen und Sammlerableitungen und auch die Kontrollschächte oft zu Bedenken Anlass. Die heute meist verwendete Methode des Anspitzens und Zumörtelns kann nicht befriedigen. Ansätze zur

Bild 4. Aufziehen des Rollringes bei Betonrohren

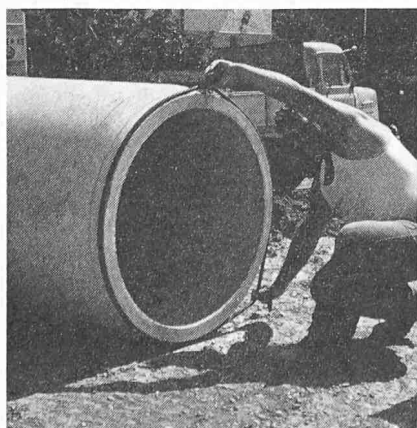
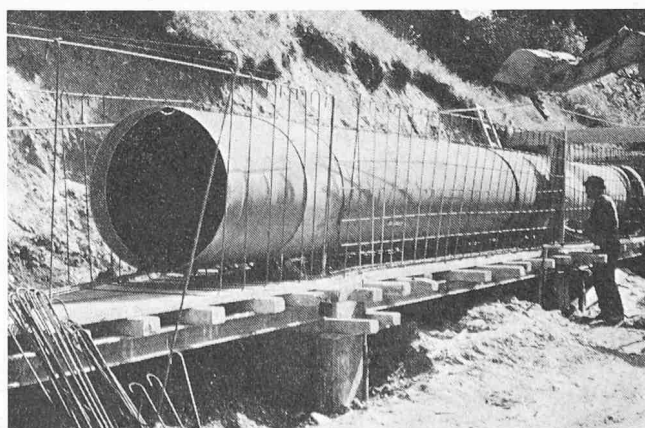


Bild 5. Kupplung eines Asbestzement-Kanalisationsrohres



Bild 6. Abwasserkanal Rothrist als Anwendungsbeispiel von Kunststoffrohren beim Bau von Kanalisationen



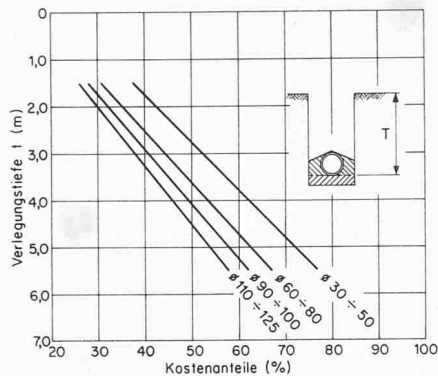


Bild 7. Diagramm der Kostenanteile der Erdarbeiten beim Kanalbau in Abhängigkeit von Tiefe und Durchmesser

Verbesserung dieser schwachen Punkte zeigen sich bei den Asbestzement- und Kunststoffrohren.

Grosse Querschnitte werden praktisch ausschliesslich in Stahlbeton ausgeführt. Eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung muss zeigen, wo im Werk oder auf der Baustelle für den besonderen Verwendungszweck vorfabrizierte Bauteile zweckmässig sind.

2.3 Neuere Baumethoden

Wesentliche Kostenanteile der Kanalisationen liegen im Aushub und in der Sicherung des Grabens, wie das Bild 7 zeigt. Die Tendenz geht deshalb in Richtung einer Rationalisierung dieser Arbeiten. Wichtigstes Mittel dazu ist die Verwendung besonderer Aushubgeräte, wie etwa die Grabenbagger. Auch Kanaldielen, die mit Pressluftgeräten vor- oder nachgerammt werden, dienen

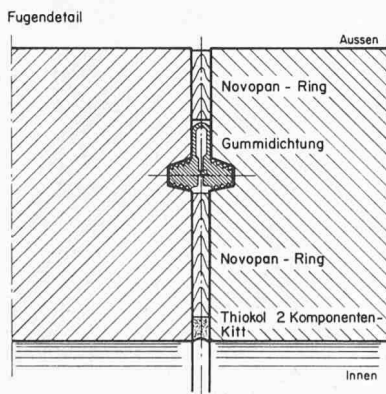
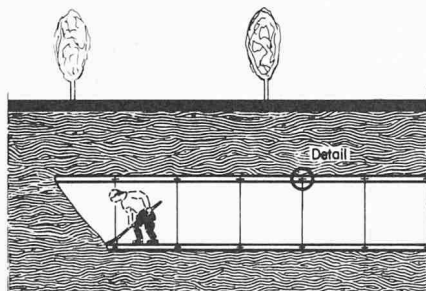


Bild 8. Schematische Darstellung der Dichtungsmassnahmen beim Vorpessverfahren mit grossen Rohrdurchmessern

diesem Ziel. Grundsätzlich neue Lösungen sind Stollenbohrmaschinen, Schildvortrieb und Vorpessverfahren.

Stollenbohrmaschinen¹⁾ ersetzen den konventionellen Ablauf von Bohren, Sprengen und Schutterung in Fels durch kontinuierlichen maschinellen Vortrieb mit mechanischer Zertrümmerung des Gesteins an der Stollenbrust durch meisselartige, rotierende Werkzeuge. Dabei kann ein runder, sehr genau eingehaltener Querschnitt bis zu einigen Metern Durchmesser vorgetrieben werden. Es wurden schon die verschiedensten Felsarten, also auch ausgesprochenes Hartgestein, mit solchen Maschinen durchfahren. Nur stark gebräches oder schwimmendes Gebirge erlaubt keinen derartigen Einsatz. Entscheidender Vorteil der maschinellen Vortriebsmethode ist, dass das Gebirge ungestört bleibt. Das Verfahren eignet sich deshalb besonders gut für den Bau von Abwasserkanälen, weil hier oft in Siedlungsgebieten bei geringer Überdeckung gearbeitet werden muss. Die Methode wurde z.B. beim Hauptsammelkanal Baden (Länge 2,1 km, \varnothing 3,5 m) mit Erfolg angewendet²⁾. Auch der Schildvortrieb hat sich in der Abwassertechnik neuerdings eingeführt. Er gestattet die bergmännische Erstellung grösserer Querschnitte im Lockergestein auch bei geringer Überdeckung, wie dies etwa in Thun (Länge 1,1 km, \varnothing 3,9 m) zur Zeit erfolgt.

Als Abart des Schildvortriebes könnte man das Vorpessverfahren³⁾ bezeichnen.

¹⁾ Vgl. W. Rutschmann in «Schweizerische Bauzeitung» 1963, S. 439; 1966, S. 363; 1968, S. 65; ferner O. Frey-Baer 1965, S. 665, E. Lauber und H. W. Brodbeck 1968, S. 917 und F. Aemmer 1970, S. 267.

²⁾ Siehe F. P. Jaecklin und R. Ceresola in «Schweizerische Bauzeitung» 1968, S. 279.

³⁾ Siehe M. Schaub in «Schweizerische Bauzeitung» 1968, S. 60.

Bild 10. Fernsehkamera für das Kanalfernsehen

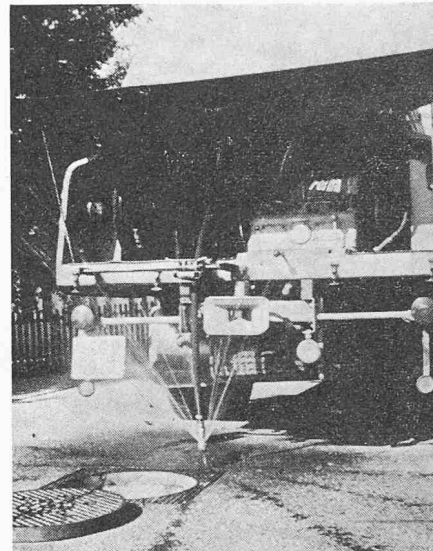
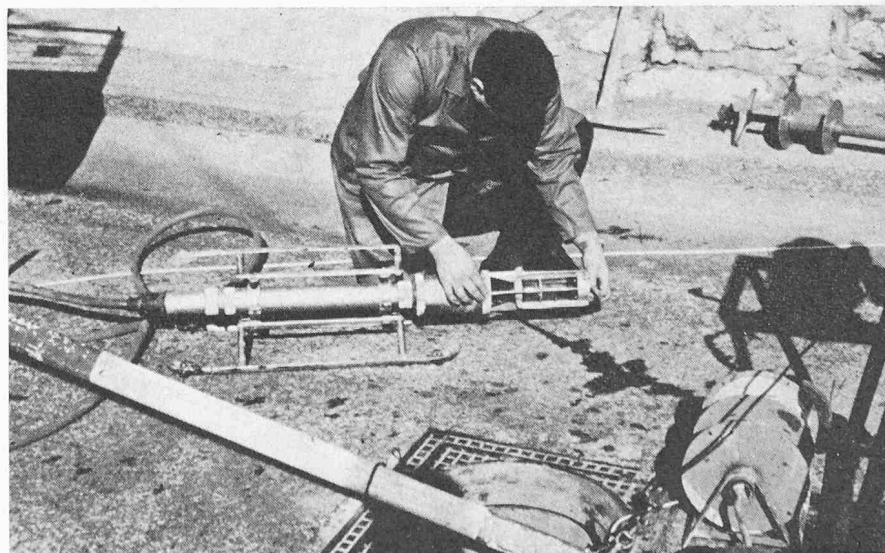


Bild 9. Kanal-Hochdruckreinigungsgärat

nen. Bei diesem wird von einem Pressschacht aus die Rohrleitung mit hydraulischen Pressen ins Lockergestein vorgerieben, wobei ein Schneidring die Funktion des Schildes übernimmt. Bei grösseren Abmessungen, ab \varnothing 1 bis 1,25 m, hat ein Mann an der «Stollenbrust» im Schutze des Schneidringes das Material zu lösen und auf eine Transporteinrichtung aufzuladen. Es werden besonders widerstandsfähige Rohre benötigt, die unter Zwischenschaltung von Weichholzringen stumpf gestossen werden. Die Dichtungsmassnahmen können Bild 8 entnommen werden.

Werkleitungen oder Gebäude können auf diese Weise ohne komplizierte Sicherungsmassnahmen unterfahren werden, und der Verkehr wird wenig gestört. Das wirkt sich auf die Kostenrechnung aus. Eine generelle Angabe, ab welcher Tiefe ein bestimmtes Kaliber wirtschaftlicher mit dem Vorpessverfahren ausgeführt wird, ist wegen dieser

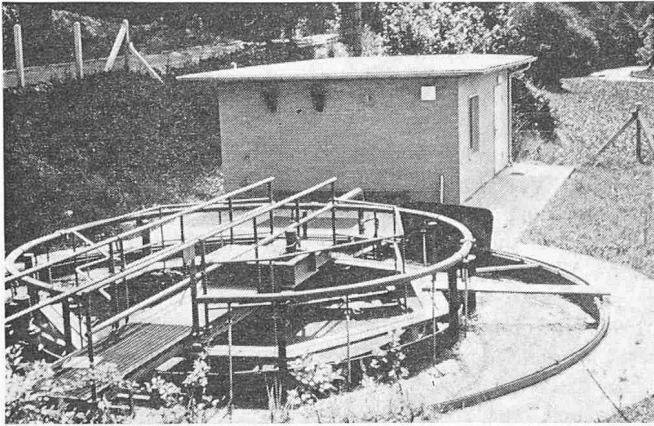


Bild 11. Totaloxidationsanlage, Typ Oxigest (Marienberg, Deutschland)

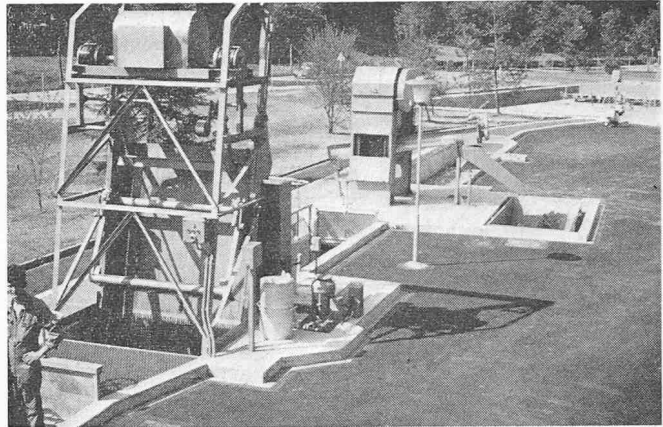


Bild 14. Greiferrechen (Kläranlage Illnau-Effretikon)

Vorteile nicht sinnvoll, abgesehen davon, dass vorläufig noch zu wenige Zahlenwerte vorliegen. Das Verfahren selbst kann aber als erprobt gelten.

2.4 Neuere Unterhaltsmethoden

Hatte man bis vor wenigen Jahren für die Reinigung der Kanäle noch an Seilen bewegte Bürsten und dergleichen benützt, so ist man heute fast vollständig auf die Reinigung mit Druckwasser übergegangen (Bild 9). Ein Düsenkopf am Ende eines Schlauches lässt das Wasser nach hinten austreten. Damit wird der Schmutz gelöst und abgeschwemmt, und der Kopf wird nach vorn gestossen, so dass die Einrichtung zwischen den Kontrollschächten nicht durchgezogen zu werden braucht, sondern sich selbstständig «durchfrisst». Der Druck von etwa 60 atü wird auf dem Fahrzeug erzeugt.

Eine weitere Technik, die hier wenigstens genannt werden muss, ist das Kanalfernsehen (Bild 10). Früher hat sich

die Kontrolle kleinerer Kaliber auf das Durchspiegeln beschränkt. Heute erlaubt eine durchgezogene Fernsehkamera die genaue Feststellung von Schäden.

3. Abwasserreinigung

3.1 Allgemeines

Bei der Abwasserreinigung unterscheidet man üblicherweise eine mechanische Stufe zur Entfernung der grobdispersen Stoffe, eine biologische Stufe, in der die ganz fein verteilten Schwebstoffe und ein Teil der gelösten Stoffe ausgeschieden oder umgewandelt werden, und eine sogenannte dritte Reinigungsstufe zur Elimination gewisser Salze, welche das Pflanzenwachstum fördern, normalerweise mit einer chemischen Fällung arbeitend. Neben dem gereinigten Abwasser entsteht bei diesen Vorgängen Schlamm mit einem hohen Wassergehalt, der in der Schlammbehandlung in eine möglichst wenig voluminöse und unschädlich unterzubringende Form übergeführt werden muss.

Wie jede technische Anlage soll auch eine Kläranlage möglichst einfach konstruiert sein, damit sie wirtschaftlich gebaut und betrieben werden kann. Das Prinzip der Einfachheit erhält naturgemäss um so mehr Gewicht, je kleiner eine Anlage ist. Unterhalb einer bestimmten Grösse kann es deshalb sinnvoll sein, verschiedene der genannten Funktionen zusammenzulegen. So arbeiten Kleinkläranlagen nach dem Prinzip der Totaloxydation (Bild 11) mit Bauwerken, die als mechanische und biologische Stufe und als Schlammbehandlung zugleich funktionieren. Sie können heute als die eigentliche Standardlösung für Kleinkläranlagen gelten. Kleinkläranlagen sind eine Notwendigkeit. Denn auch standortgebundene Objekte ausserhalb des Baugebietes, wie etwa Bergbahnstationen, Autobahnrestaurants und Truppenübungsplätze müssen abwassertechnisch saniert werden.

Kleinkläranlagen sind aber in keinem Falle ein Ersatz für grössere Werke, in

Bild 12. Gesamtübersicht der Kläranlage Illnau-Effretikon

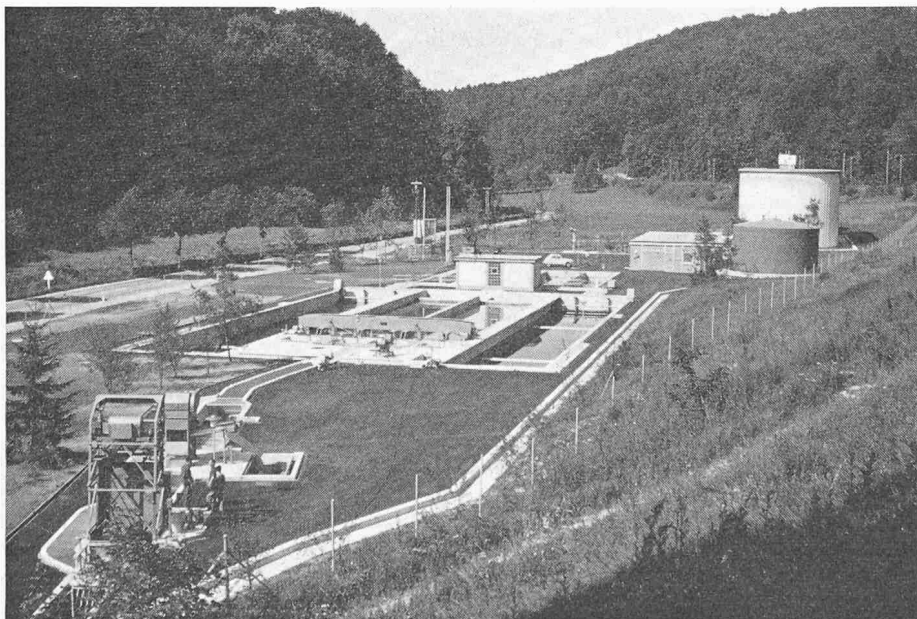
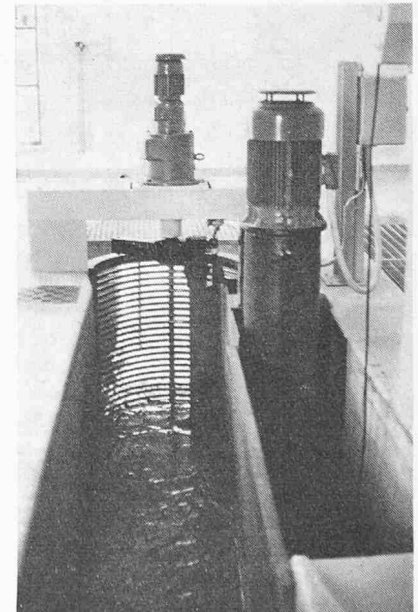


Bild 13. Radialrechen mit Rotorzerkleinerer (Kläranlage Jona)



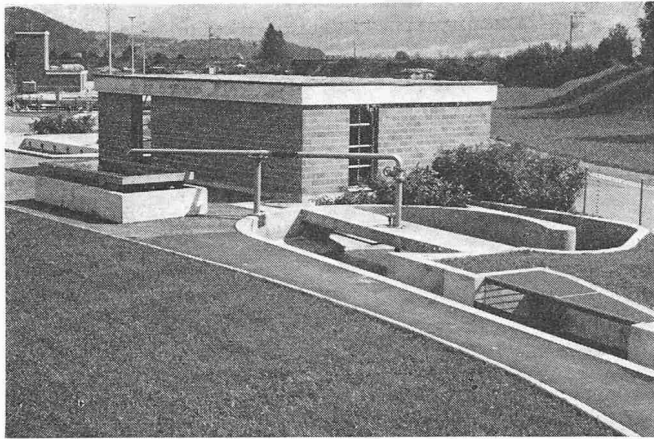


Bild 15. Rundsandfang (Käranlage Jona)

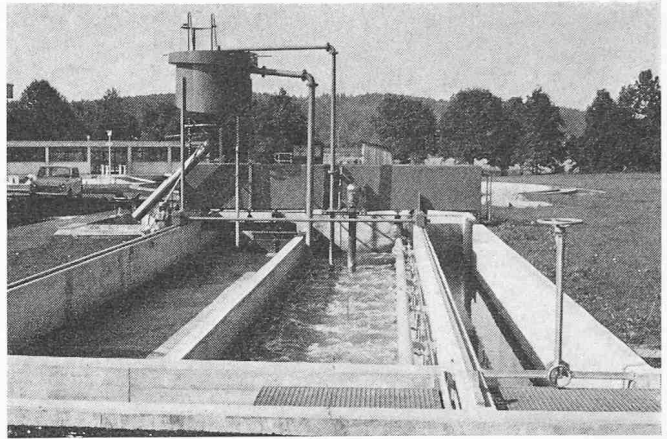


Bild 16. Belüfteter Sandfang (Kläranlage Langenthal)

denen das Abwasser aus einem Siedlungsgebiet zusammengefasst behandelt wird. Weil, wie die Erfahrung zeigt, der Betrieb von Kleinkläranlagen im allgemeinen weniger sicher ist als bei grösseren Werken, weil sie unvorhergesehene Entwicklungen naturgemäss schlechter auffangen können und weil spätere, weitergehende Anforderungen kaum erfüllt werden können, ist ein Ersatz von kommunalen oder regionalen Werken durch Kleinkläranlagen grundsätzlich abzulehnen.

Es erhebt sich heute oft die Frage, ob nicht beim Bau von Kläranlagen Einsparungen möglich wären, wenn man nach einem bestimmten, gleichbleibenden Schema bauen würde. Normierung und Typisierung haben tatsächlich eine recht weite Verbreitung gefunden. Das gilt etwa für Typenreihen von Kläranlageausrüstungen und die damit verbundenen baulichen Einzelheiten. Wegen der von Fall zu Fall unterschiedlichen Wassermengen, Abwassereigenschaften, Baugrundverhältnisse und Besonderheiten von Grundstück, Vorfluter, Zufahrt und Umgebung ist das aber nicht das Wesentliche. Vielmehr kann eine optimale Lösung nur gefunden werden, wenn sich der Ingenieur bemüht, sein Projekt dem Einzelfall anzupassen. Eine auf den Einzelfall zugeschnittene, entsprechend bemessene, sauber und sparsam konstruierte Lösung muss das Ziel sein (Bild 12). Das erreicht der Bauherr am besten, wenn er sich der Mitarbeit eines versierten, unabhängigen Projektverfassers versichert, und das schliesst keineswegs die Anwendung moderner und wirtschaftlicher Lösungen aus.

3.2 Mechanische Stufe

Beim *Rechen*, der grobe, bei der Abwasserreinigung störende Stoffe entfernen soll, gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder zerkleinert man das Rechengut unter Wasser (Bild 13) oder man nimmt es aus dem Abwasser heraus und

beseitigt es mit den festen Siedlungsabfällen. Vom Grundsätzlichen her ist die zweite Art die richtige. Es ist aber begreiflich, dass man vielerorts, vor allem bei kleineren Anlagen, das Rechengut zerkleinert, besonders wenn eine einwandfreie Abfallbeseitigung noch nicht vorhanden ist. Zum Herausnehmen des Rechengutes aus dem Abwasser dienen beispielsweise Greiferrechen gemäss Bild 14. Verwendet wird ein lichter Stababstand bis zu etwa 15 mm herunter. Normalerweise genügt es, das Rechengut abtropfen zu lassen, damit es mit dem Abfall zusammen verbrannt, kompostiert oder geordnet deponiert werden kann. Muss man wegen grossem Rechengutanfall auf kleines Volumen achten, so kann man Rechengutpressen einsetzen.

Sand über etwa $\frac{1}{4}$ mm Durchmesser stört in den Kläranlagen vor allem wegen der Gefahr von Ablagerungen bei der Schlammbehandlung. Man scheidet deshalb den Sand im *Sandfang* vor der eigentlichen Abwasserbehandlung aus. Die Schwierigkeiten liegen nun darin, dass der feine Sand etwa die gleiche Sinkgeschwindigkeit hat wie Fäkalien, Küchenabfälle und dergleichen und dass am meisten Sand bei Regenwetter anfällt, also bei grossen Zuflussmengen.

Es sollen hier nur zwei Sandfangtypen angeführt werden, mit welchen man diesen Schwierigkeiten noch verhältnismässig gut begegnen kann, der Rundsandfang und der belüftete Sandfang. Beim Rundsandfang (Bild 15), der sich eher für kleinere Anlagen unter etwa 10000 Einwohnern eignet, führt eine Radialströmung den Sand ins Zentrum, wo er in einem Schacht gesammelt wird. Beim belüfteten Sandfang (Bild 16), der für etwa 15 Minuten Aufenthaltszeit bei Trockenwetteranfall bemessen wird, sorgt eine spiralförmige, durch Einblasen von Druckluft erzeugte Strömung dafür, dass die organischen Verunreinigungen in der Schwebe bleiben, während sich der Sand in einer

Rinne an der Sohle in etwa 3,5 m Wassertiefe absetzt. Da es hier vor allem auf die Verstopfungssicherheit ankommt, wählt man im allgemeinen eine grobbleisige Belüftung. Der abgesetzte Sand wird durch einen Räumerwagen entweder direkt abgesaugt oder einem Trichter zugeschoben.

Mancher Projektverfasser mag sich schon gefragt haben, ob der Nutzen des Sandfanges, der bei der zuletzt beschriebenen Ausführungsart im Bau bis gegen 5% der Kosten und im Betrieb noch wesentlich mehr beansprucht, wirklich gerechtfertigt sei. Weil der beste Sandfang eigentlich das Vorklärbecken ist, könnte man sich denken, dass es einfacher wäre, den Sand aus der kleinen Menge des Schlammes mittels besonderer Verfahren gewissermassen als erste Stufe der Schlammbehandlung zu entfernen. Leider gibt es dafür im Augenblick noch keine allgemein erprobten Verfahren.

Auf manchen Kläranlagen werden Schwimmstoffe in einem belüfteten *Öl- und Fettfang* abgeschieden, wobei dieses Bauwerk mit einem belüfteten Sandfang kombiniert werden kann. Das hat allerdings den Nachteil, dass sich der Klärwarter diesen Schwimmstoffen besonders widmen muss, ohne deswegen auf die Schwimmschlammräumung im Vorklärbecken verzichten zu können. Im Normalfall dürfte deshalb eine selbständige oder mit dem Sandfang kombinierte Einrichtung zum Zurückhalten von Schwimmstoffen entbehrlich sein.

Das *Vorklärbecken* (Bild 17) als Hauptbestandteil der mechanischen Stufe wird in der Schweiz üblicherweise als flaches Rechteck- oder Rundbecken mit maschineller Schlammräumung gebaut. Die Aufenthaltszeit liegt bei neuen Anlagen für den Trockenwetteranfall bei einer Stunde, die hydraulische Oberflächenbelastung bei höchstens 2,5 m/h. Vorklärbecken haben den Vorteil, die absetzbaren und auf-

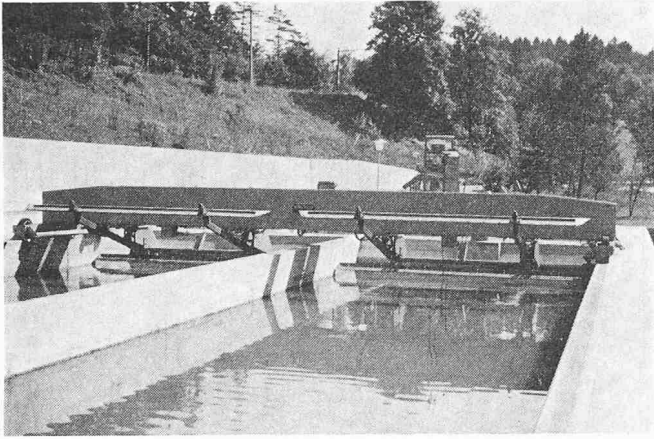


Bild 17. Vorklärbecken mit Zwillingsräumer bei der Rückfahrt (Kläranlage Illnau-Effretikon)

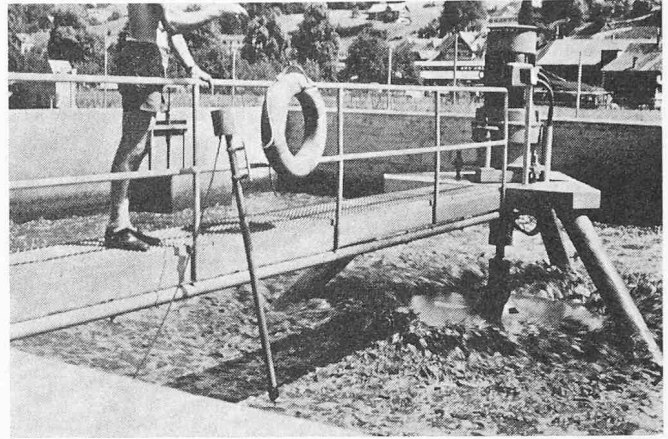


Bild 18. Belüftungsbecken mit zentralsymmetrischem Oberflächenbelüfter (Kläranlage Wattwil)

rahmbaren Stoffe auf einfachste Weise aus dem Abwasser zu entfernen. Das gilt insbesondere auch für das Auffangen von Mineralölen bei den heute häufig vorkommenden Ölfällen. Meist wird den Vorklärbecken auch die Aufgabe zugewiesen, den Überschussschlamm aus der biologischen Stufe zusammen mit dem Primärschlamm auszuscheiden, wodurch sich der Wassergehalt vermindert. Ob bei den Vorklärbecken die runde oder die rechteckige Form zweckmässiger ist, muss im Einzelfall entschieden werden. Rundbecken kommen für grössere Anlagen in Betracht und erlauben dort sehr grosse Einheiten bis zu vielen 1000 m³ Inhalt mit Schlammabzug an einem einzigen Ort. Rechteckbecken sind platzsparend, können in Gruppen zusammengefasst werden und haben hydraulisch eher bessere, von äusseren Einflüssen unabhängige Eigenschaften. Die neuere Entwicklung geht aus diesen Gründen eher zu den Rechteckbecken.

3.3 Biologische Stufe

Ungefähr zwei Drittel der in Kläranlagen entfernbaren Verunreinigungen werden in der biologischen Stufe zurückgehalten, wo man sich die Lebenstätig-

keit von Kleinlebewesen, vor allem Bakterien, zunutze macht, um die feinst verteilten und zum Teil gelösten Abwasserinhaltsstoffe in absetzbare Substanz überzuführen und auszuscheiden. Im Vordergrund des Interesses stehen heute eindeutig die *Belebungsanlagen* oder Belebtschlammanlagen, wie man in der Schweiz im Gegensatz zum allgemeinen Sprachgebrauch in Deutschland noch zu sagen pflegt. Die angedeutete Lebenstätigkeit der Mikroorganismen spielt sich hier im Belüftungsbecken (Bild 18) ab. Durch Eintragen von Luftsauerstoff werden günstige Lebensbedingungen geschaffen, und der Prozess wird durch ständiges Rückführen des in dem anschliessenden Nachklärbecken abgesetzten Schlammes verstärkt. Man arbeitet mit verschiedenen Belüftungszeiten, Schlammgehalten und Belüftungseinrichtungen. Für die meisten Fälle wird mit wenigen Stunden Belüftungszeit bei Schlammgehalten von etwa 3 kg/m³ gearbeitet. Die Reinigungswirkung ist vor allem von der Schlammbelastung abhängig, welche als Verhältnis von zugeführter Schmutzmenge zu vorhandener Trockensubstanz definiert ist. Nach schweizerischen Untersuchungen ist für

einen *dauernden* Reinigungseffekt von über 90% etwa eine Schlammbelastung von 0,3 kg biochemischem Sauerstoffbedarf (BSB₅) pro kg Trockensubstanz und Tag einzuhalten. Die Belüftungszeit darf in der Schweiz nicht unter einer Stunde liegen, bezogen auf den Trockenwetteranfall.

Als Belüftungseinrichtungen stehen heute die feinblasige, tiefliegende Druckluftbelüftung (Bild 19) und die zentralsymmetrische Oberflächenbelüftung im Vordergrund. Sie haben nicht nur die Aufgabe, den für den Prozess nötigen Sauerstoff in das Wasser-Belebtschlamm-Gemisch einzutragen, sondern auch für eine Strömung zu sorgen, welche die Belebtschlammflocken am Absetzen hindert. Mit diesen modernen Belüftungseinrichtungen gelingt es, pro kWh gegen 2 kg Sauerstoff ins Abwasser einzutragen, wobei man als Grössenordnung pro kg BSB₅ eine erforderliche Sauerstoffzufuhr von 1,5 kg O₂ annehmen muss. Die Oberflächenbelüftung ist baulich und betrieblich einfacher und eher billiger, es müssen hier aber bewegte Teile im Freien aufgestellt werden, Frost- und Lärm-Probleme sind vermehrt zu beachten und eine Ausnützung der Energie

Bild 19. Belüftungsbecken mit feinblasiger, tiefliegender Druckluftbelüftung (Kläranlage Illnau-Effretikon)

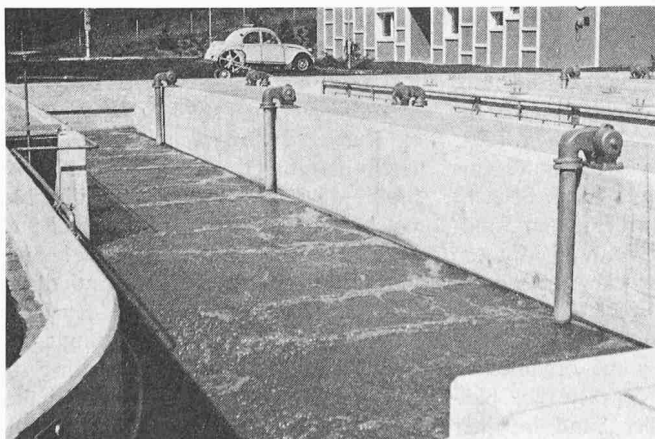
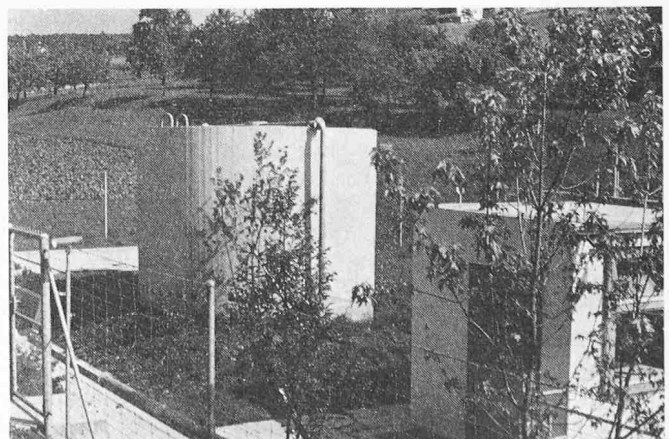


Bild 21. Tropfkörper (Kläranlage Mönthal)



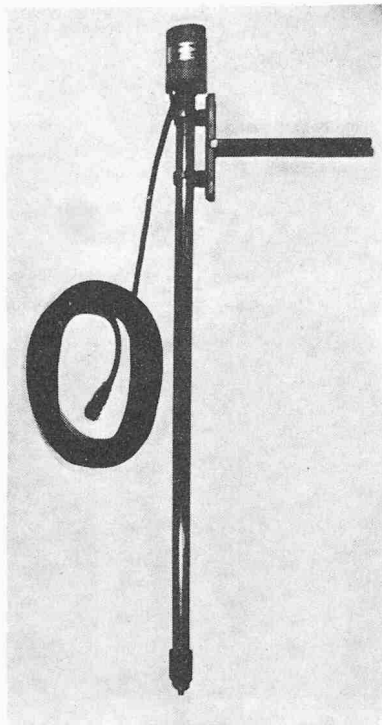


Bild 20. Sauerstoffsonde der EAWAG

aus etwa auf der Kläranlage produziertem Faulgas zum direkten Antrieb ist kaum möglich. Regulieren lässt sich der Sauerstoffeintrag bei beiden Belüftungsarten, dabei kann die an der EAWAG entwickelte, robuste Sauerstoffsonde (Bild 20) gute Dienste leisten.

Neben dem Belebungsverfahren treten die anderen biologischen Verfahren stark in den Hintergrund. Der *Tropfkörper* (Bild 21) kommt für kleine Anlagen in Frage, obwohl man versucht, durch besondere Füllmaterialien aus Kunststoff, die leider noch recht teuer sind, die spezifische Leistung zu erhöhen. Übliche Bemessungswerte liegen bei normalen Füllmaterialien, etwa Lavafilterschlacke, um $0,4 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3$ und Tag, womit etwa 85% Reinigungseffekt erreicht werden (mit Rezirkulation). Auch Tauchtropfkörper (Bild 22),

bei denen der biologische Rasen auf langsam drehenden Scheiben aus geschäumtem Kunststoff sitzt, eignen sich für kleine Anlagen. Sie sind bezüglich Energieverbrauch günstig und werden mit etwa $15 \text{ g BSB}_5/\text{m}^2$ Bewuchsfläche und Tag betrieben.

Alle modernen biologischen Verfahren benötigen *Nachklärbecken* (Bild 23), in denen die Schlammflocken zurückgehalten werden. Als massgebende Kennwerte können die Aufenthaltszeit, mindestens 2 h bei Trockenwetter, die hydraulische Oberflächenbelastung, etwa 1 m/h bei Trockenwetter, und die Feststoffbelastung gelten. Die Feststoffbelastung kann ausgedrückt werden als Feststoffgewicht pro Oberflächen- und pro Zeiteinheit und soll unter etwa $2,5 \text{ kg/m}^2$ und Stunde bleiben. Offensichtlich ist es aber nicht dasselbe, wenn man zwei Nachklärbecken zwar mit der selben Feststoffoberflächenbelastung, aber mit verschiedenen schweren Schlämmen, gemessen am Schlammvolumenindex, belastet. Der Schlammvolumenindex gibt an, wie viele cm^3 ein Gramm Schlamm nach 30-minütigem Stehenlassen einnimmt. Um diesem Einfluss Rechnung zu tragen, kann man etwa vorschreiben, dass die Schlammvolumenbelastung, das heisst das Produkt aus Feststoffoberflächenbelastung und Schlammvolumenindex, den Wert von $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ nicht überschreiten soll. Das würde einer Feststoffoberflächenbelastung von $2,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ bei einem Schlammvolumenindex von $120 \text{ cm}^3/\text{g}$ entsprechen.

Bei der Bemessung und der Konstruktion der Nachklärbecken gibt es noch viele, durchaus nicht abschliessend beantwortete Fragen, so dass der Entscheid über die Bauart nicht einfach zu treffen ist. Meist werden heute rechteckige Flachbecken mit Kettenräumern eingesetzt, doch sind auch andere Konstruktionen, z.B. Saugräumer, verwendet worden. Die Nachklärbecken sind

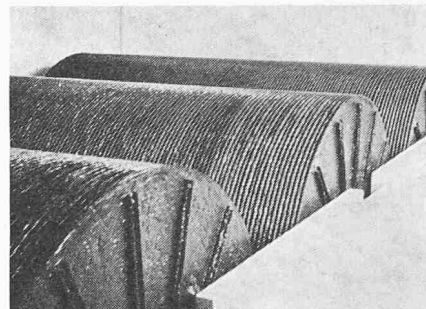


Bild 22. Tauchtropfkörper (Kläranlage Unterwasser)

jedenfalls ein sehr wichtiger Teil jeder Kläranlage und bei bestehenden Werken häufig das schwächste Glied in der Kette. Eine reichliche Bemessung ist vonnöten.

3.4 Dritte Reinigungsstufe

Die dritte Reinigungsstufe bezweckt die Entfernung von Teilen der Restverunreinigung nach der biologischen Abwasserbehandlung. Heute handelt es sich in erster Linie um die Phosphate, welche als Minimumstoffe bei der Entwicklung von Algen in stehenden Gewässern erkannt worden sind. Man darf annehmen, dass durch eine Reduktion des Phosphatgehaltes die Massenentwicklung von Algen in unseren Seen gebremst werden kann. In der dritten Reinigungsstufe werden deshalb die Phosphate chemisch ausgefällt. Ein Fällmittel, meist Eisen-III-chlorid, reagiert mit den gelösten Phosphaten, wobei sich schwer lösliche, durch einen Absetzvorgang entfernbare Produkte bilden. Technisch kann dieser Vorgang in besonderen Reaktions- und Absetzbecken (Bild 24) als sogenannte Nachfällung durchgeführt werden, was den grundsätzlichen Vorteil einer guten Steuerbarkeit hat und gestattet, den ausgefallten Schlamm für sich weiterzubehandeln. Eine zweite Möglichkeit ist die Simultanfällung (Bild 25). Hier wird das Eisenchlorid ins Belüftungsbecken oder unmittelbar anschliessend zudosiert und das Nachklärbecken

Bild 23. Nachklärbecken mit Kettenräumer (Kläranlage Wattwil)

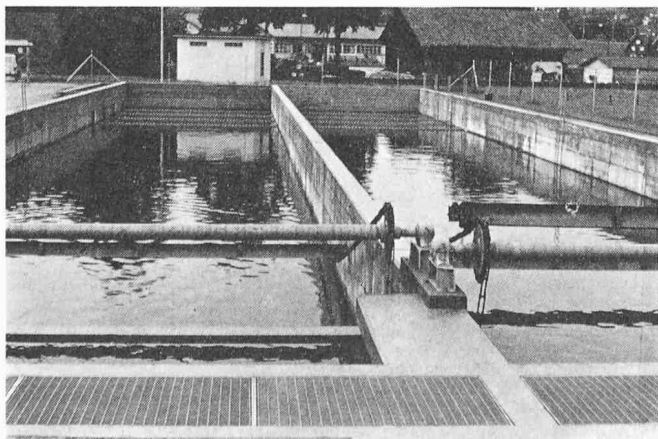
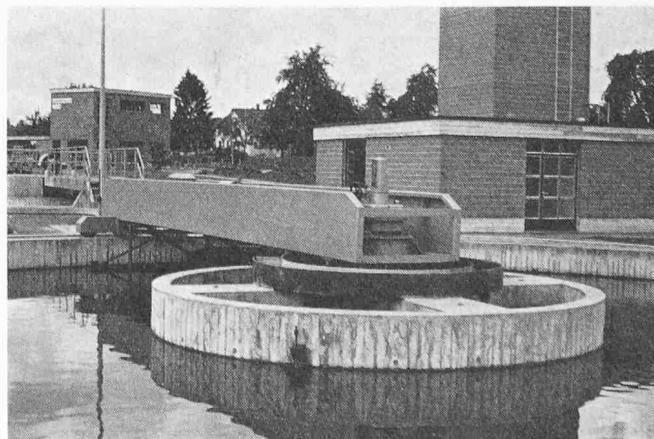


Bild 24. Reaktions- und Absetzbecken der dritten Reinigungsstufe, Nachfällung (Kläranlage Jona)



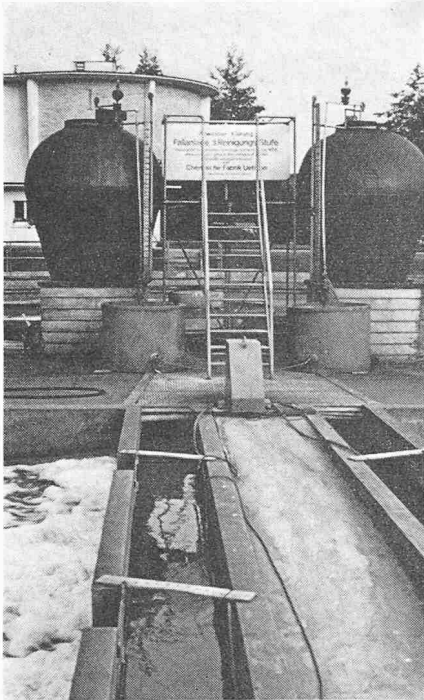


Bild 25. Eisenchloridbehälter für Simultanfällung (Kläranlage Uster)

zum gleichzeitigen Absetzen des Belebtschlammes und der ausgefällten Flocken benutzt. Der prinzipielle Vorteil dieses Verfahrens liegt in den geringen zusätzlichen Investitionen. Die Simultanfällung wird deshalb viel häufiger angewandt als die Nachfällung. Der praktische Beweis für die Sanierung unserer Seen mit diesen Methoden ist bisher zwar noch nicht erbracht worden, sie bieten aber im Augenblick den einzigen gangbaren Weg, um dort zum Ziele zu kommen, wo es nicht möglich ist, das Abwasser einem See überhaupt fernzuhalten, eine Lösung, die, wenn immer wirtschaftlich vertretbar, bevorzugt werden sollte.

4. Schlammbehandlung

In einer biologischen Kläranlage fallen pro Einwohner und Tag etwa

2,5 l Schlamm mit vielleicht 100 g Trockensubstanz an. Auf einer Anlage mit 20000 angeschlossenen Einwohnern sind also täglich 50 m³ Schlamm mit 2t Trockensubstanz irgendwie unterzubringen. Lässt man den Schlamm liegen, so geht er sehr rasch in eine stinkende Gärung über. Die Schlammbehandlung ist eine der zentralen Fragen der Abwassertechnik. Ungünstig sind grundsätzlich Lösungen, die darauf abzielen, die Schlammmenge zu vermindern oder in den Kläranlagen gar keinen Schlamm anfallen zu lassen, wenn dabei in Kauf genommen wird, dass ein Teil der Stoffe in veränderter Form ins Gewässer gelangt.

Die heute noch weitaus am meisten praktizierte Methode ist die Abgabe des Schlammes an die Landwirtschaft (Bild 26), in unserem Lande vorwiegend in flüssiger Form zur Verwendung wie Stallgülle. Für die Grosszahl der kleinen Anlagen dürfte diese Beseitigungsart auf lange Zeit nicht nur die wirtschaftlichste, sondern auch die einzig praktisch mögliche sein. Da der Bauer den Schlamm nicht wegen des Wassers, sondern wegen des Düngewerts aufs Land fährt, strebt man eine Eindickung an. Ausserdem sollen die Schlammstoffe in hygienischer und ästhetischer Beziehung nicht stören. Hier beginnt nun die Schwierigkeit. Die üblichen und für kleine Anlagen vorläufig allein durchführbaren Schlammbehandlungsverfahren, nämlich die Faulung oder die aerobe Schlammstabilisierung, sind hygienisch nicht einwandfrei, und es bestehen starke Einschränkungen für das Ausbringen des so behandelten Schlammes in der Landwirtschaft. Die skizzierte Frage wird Gegenstand weiterer intensiver Untersuchungen sein müssen.

Grossanlagen haben es viel einfacher. Haben sie ein landwirtschaftliches Hinterland, so kann man den Schlamm durch Pasteurisierung (Bild 27) soweit hygienisieren, dass er ganzjährig aufs Feld gebracht werden kann. Meist ist in diesen Fällen die Faulung das zweck-

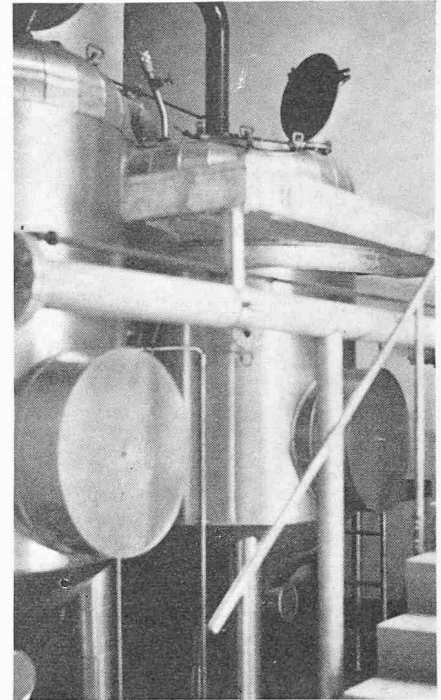


Bild 27. Pasteurierungsanlage (Kläranlage Illnau-Effretikon)

mässigste Behandlungsverfahren. In Ballungsgebieten muss in Zukunft das riesige Schlammvolumen durch künstliche Entwässerung, eventuell sogar Trocknung und Verbrennung, so weit verkleinert werden, dass man den Rest im Gelände ablagern kann, ähnlich wie dies mit den Endprodukten aus der Beseitigung der festen Siedlungsabfälle geschieht. Aus der Vielzahl der Möglichkeiten sei nur eine Methode, die als aussichtsreich gelten kann, herausgegriffen: Schlamm lässt sich auf Kammerfilterpressen (Bild 28) auf etwa 40 bis 50% Wassergehalt entwässern. Eine vorherige thermische oder chemische Konditionierung ist nötig, und man wird aus wirtschaftlichen Gründen auch eine Eindickung vorangehen lassen.

Wie man sieht, lässt sich das Schlammproblem heute nicht mit der

Bild 26. Schlammabgabe an die Landwirtschaft (Kläranlage Uster)

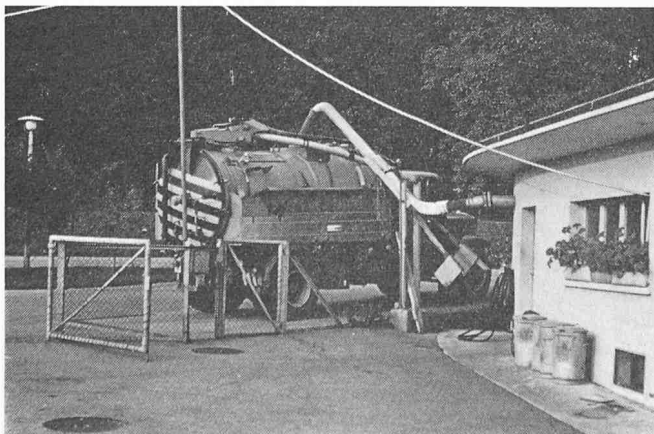
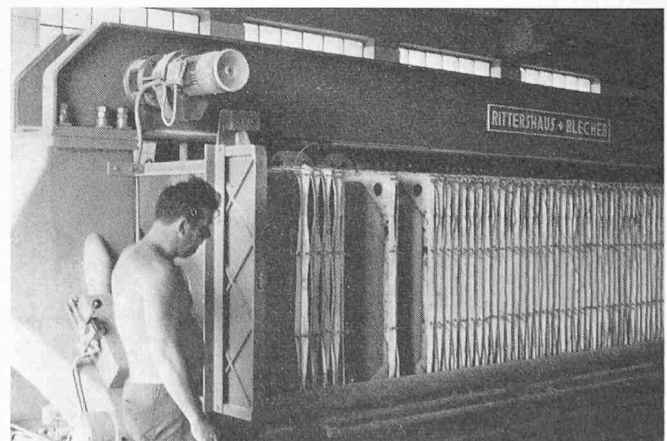


Bild 28. Kammerfilterpresse zur Schlamm entwässerung (Kläranlage Wädenswil)



Nekrologe

† **Cleonymos Stylianides**, Ing. GEP, von Cäsarea (Kleinasien), geboren 1862, Ingenieurschule des Eidg. Polytechnikums 1887 bis 1891, ist am 15. Februar 1970 in Athen gestorben. Seine berufliche Tätigkeit hat sich entwickelt wie folgt: bis 1897 beim Bau von Eisenbahnen in der Türkei, so der Linien Saloniki—Konstantinopel und Smyrna—Kassamba, dann bis 1901 in Bulgarien für die Linie Philippopol—Stara Zagora. 1902 bis 1904 baute er Bahnen in Griechenland sowie die Tunnel der Strecke Piräus—Larissa; 1904 ging er nach Ägypten für die Überwachung von Brückenbauten und dann als Chef des Studienbüros der Egyptian-Swiss Ironworks. Von 1909 bis 1913 finden wir den Vielgereisten bei Projektierung und Bau der Bagdadbahn, dann wieder in Griechenland, wo er Textilbetriebe, Wasserkraftnutzung und Elektrifikation von Städten betreut.

In der Folge liess sich Kollege Stylianides dauernd in seinem Heimatland nieder, stets eifrig tätig in den verschiedensten Stellungen, meist auf dem Gebiet der Wasserkraftnutzung und immer als unabhängiger Geist voll konstruktiver Kritik. Bevor er im 108. Lebensjahr seine Augen schloss, verfügte er noch über volle geistige Klarheit. Die GEP und besonders ihre Mitglieder in Griechenland bewahren ihrem lieben Ältesten ein herzliches Andenken.

Alexander G. Tsatsos, Athen

† **Erwin F. Constantin**, von 1943 bis zu seinem Tode (am 25. Mai 1969) Vertreter der GEP für Brasilien, geboren am 8. Oktober 1883, hatte nach der Volksschule die Handelsschule in Neuenburg besucht und sich erst nachher der Technik zugewandt. Er erwarb am Technikum Winterthur das Diplom und hierauf noch jenes der

ETH, deren Abteilung für Kultur-Ingenieurwesen er von 1903 bis 1906 besuchte. Nach einem Jahr als Assistent von Prof. C. Zwicky trat er bei Kant.-Ing. Lutz in St. Gallen in Stellung, 1910 ging er als Vermessungs-Ingenieur zur Grand Trunk Pacific Railway nach Vancouver und 1912 nach Rio de Janeiro, das seine geliebte Wahlheimat werden sollte.

1912 trat er dort in die Firma «High» Handels- und Industrie-Gesellschaft Suisse ein. 1934 übernahm er die Firma selbst und führte sie bis zu seinem Tode unter dem Namen Sociedade Importadora Suissa Ltda. Eine grosse Zahl erster Schweizer Firmen war durch ihn in Brasilien vertreten. Lange Jahre war er Präsident der schweizerischen Handelskammer in Rio de Janeiro.

Die schweizerische Botschaft in Rio hat sich zu seinen Leistungen wie folgt geäussert: «M. Constantin a été une des personnalités les plus marquantes de la colonie Suisse de Rio de Janeiro. Le rôle qu'il n'a cessé de jouer dans la vie des sociétés suisses mérite notre admiration et notre gratitude. Est-il besoin d'évoquer cet élan, cet esprit extraordinaire de jeunesse, cette compétence avec laquelle il présidait jusqu'aux derniers moments aux destinées du Cercle Académique Suisse – pour ne citer que cette société – dont il était le fondateur. En vérité, la colonie suisse de Rio de Janeiro perd en M. Constantin un homme d'une intégrité parfaite et d'un dévouement exemplaire, un représentant authentique de notre pays dont nos compatriotes peuvent être fiers.»

Und so tönt es auch aus dem Kreis der GEP selbst, wofür das nachstehende Schreiben Zeugnis ablegt:

Man kann sich kaum einen GEP-Vertreter vorstellen, der mit mehr Eifer seines Amtes waltet. Er hatte es erreicht, dass jeden ersten Mittwoch eines Monats ein gemeinsames Nacht-



E. F. CONSTANTIN

Dipl. Ing.

1883

1969

essen der Absolventen von Schweizer Hochschulen stattfand, also nicht nur GEP, sondern auch alle Fakultäten der Universitäten. Herr Constantin war trotz seines Alters die belebende Seele dieses Kreises, in dem es nie fade wurde. Organisatorisch war er gleichzeitig Präsident, Quästor und Aktuar. Zwischen 1952 und 1967 habe ich zwölf berufliche Reisen nach Brasilien gemacht, jede von 3 bis 5 Wochen Dauer. Ich freute mich jedesmal darauf, bei einer jener Zusammenkünfte dabei sein zu können und Herrn Constantin in Tätigkeit zu sehen.

Kein Jahreswechsel verging, ohne dass ein Kartengruss mit den Unterschriften der Teilnehmer am Weihnachtskommers gekommen wäre, die Adresse und der Text natürlich handschriftlich vom über 80 Jahre alten Herrn Constantin. Möge der Segen des Herrn Constantin in der Akademiker-Vereinigung von Rio de Janeiro weiterwirken, und möge die GEP ihn ganz besonders ehren, diesen unübertrefflichen Vertreter!

W. Weyermann, Zürich

Frage aerobe oder anaerobe Stabilisierung umschreiben. Es dürfte so sein, dass bei den kleinen Anlagen die aerobe Stabilisierung wegen ihrer baulichen und betrieblichen Einfachheit die geeignetste Lösung darstellt, bei den mittleren Anlagen hat die Schlammfaltung durchaus nicht ausgespielt und bei grossen Anlagen wird sich mehr und mehr eine direkte künstliche Schlamm-entwässerung durchsetzen. Da man aber für einen solchen Prozess Stapel- und Eindickbehälter braucht, kann es sinnvoll sein, in einer ersten Etappe nicht zu gross bemessene Faulräume zu bauen.

Die vorstehenden Ausführungen mögen gezeigt haben, dass die Abwassertechnik ohne das kompetente Wirken des Ingenieurs nicht auskommt, wenn man zweckmässig und doch sparsam bauen will. Das Gebiet ist als Ganzes für unsere Zukunft von wesentlicher Bedeutung. Heranbildung guter, jüngerer Fachleute und intensive Forschung zur Abklärung der vielen in der Abwassertechnik hängigen Fragen sind dringend nötig.

Fachleute aus den verschiedensten naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen versuchen in der Lehre an

der ETH und in der Forschung, vor allem an der EAWAG, die hohen Ziele zu erreichen. Sie werden sich auch weiterhin bemühen, in laufender Anpassung an die Erfordernisse der Zeit alles zu unternehmen, um unseren Eidg. Technischen Hochschulen und dem ganzen Land auf dem wichtigen Sektor Siedlungswasserwirtschaft möglichst gute Dienste zu leisten.

Adresse des Verfassers: Prof. Richard Heierli, dipl. Ing. ETH, SIA, GEP, Dozent für Siedlungswasserbau an der ETH Zürich, 8006 Zürich, Gladbachstrasse 7