

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 89 (1971)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Technik der Gewässerschutzmassnahmen: Vortrag  
**Autor:** Heierli, Richard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84864>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

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

# Technik der Gewässerschutzmassnahmen

Vortrag von Prof. R. Heierli, gehalten am 11. November 1970 an der ETH Zürich im Rahmen des Symposiums «Schutz unseres Lebensraumes»

DK 627.1.004,4:628.3

## 1. Problemstellung

Im folgenden sei versucht, eine Konzeption derjenigen technischen Massnahmen zu schildern, welche die Auswirkungen der gütemässigen Eingriffe des Menschen in den Wasserkreislauf durch die Ableitung von Abwasser zu vermindern gestatten. Wir sind uns dabei bewusst, dass auch andere Belange wie mengenmässige Beeinflussung, feste Siedlungsabfälle, wassergefährdende Flüssigkeiten eine wesentliche Rolle spielen; sie sollen aber hier unberücksichtigt bleiben. Im Interesse der Übersichtlichkeit wollen wir ferner von normalen schweizerischen Verhältnissen ausgehen, das heisst von vorwiegend häuslichem Abwasser, und es seien alle anderen Fragen nur als Sonderfälle in unseren Betrachtungen angedeutet.

Die Technik der Abwasserbeseitigung kann sich offensichtlich nicht dar-

auf beschränken, für eine vorgegebene Abwassermenge mit bestimmten Eigenschaften und für eine geforderte Ablaufqualität das Reinigungsverfahren mit dem geringsten Aufwand zu finden. Sie muss vielmehr die Fragen der Entstehung von Art und Menge des Abwassers und der allfälligen Zusammenfassung in zentralen Anlagen einschliessen.

Es wäre technisch möglich, ein beliebig verschmutztes Abwasser in beliebigem Masse zu reinigen. Angesichts der hohen zu erwartenden Aufwendungen für eine volle Reinigung stellt sich aber die Frage, ob mit einer weniger weit gehenden Reinigung, das heißt mit weniger hohen Kosten nicht Ergebnisse zu erreichen sind, die auch genügen. Jede Betrachtung der Technik der Gewässerschutzmassnahmen muss deshalb von den Zielen des Gewässerschutzes ausgehen. Dabei muss der zur Erreichung

eines bestimmten Ziels zu treibende Aufwand in die Beurteilung einbezogen werden. Ein Ziel könnte zum Beispiel heissen: «Erhaltung einer dem unbesiedelten Zustand entsprechenden Güte in allen Gewässern». Das wäre extremer Naturschutz, der vermutlich einen sehr grossen Aufwand erfordert. Eine andere Zielvorstellung entspräche dem reinen Wirtschaftlichkeitsdenken. Dann würde das Ziel etwa heissen: «Die Gewässer sind so zu nutzen, dass der Volkswirtschaft – unter Einschluss der nicht unmittelbar messbaren Vor- und Nachteile – am meisten Nutzen entsteht». Aus dieser Sicht dürften einzelne Gewässer als reine Abwasservorfluter genutzt werden, das heisst, sie wären im Sinne unseres üblichen Begriffes «Gewässer» aufzugeben. Andere wären im Interesse der Trinkwasserversorgung oder auch von Sport und Erholung zur Förderung der Volksgesundheit einer hohen Güteklaasse zuzuordnen. In vielen Gegenden mit intensiver Wasserwirtschaft – so etwa im Ruhrgebiet – geht man von solchen Zielvorstellungen aus. Auch den meisten Lehrbüchern der Abwassertechnik liegt diese Betrachtungsweise zu Grunde.

Natürlich können die fraglichen Größen nur bedingt mit Zahlen bewertet werden. Das gilt etwa für den Wert eines «reinen» Gewässers für eine Erholungslandschaft oder für den Wert einer Erholungslandschaft für die Volkswirtschaft. Wir wollen aber trotzdem einmal versuchen, Gewässerschutzmassnahmen, ihren Aufwand und ihren Nutzen ganz grob in einfachste mathematische Ansätze zu kleiden.

In Bild 1 seien die Gewässerschutzmassnahmen selbst mit  $G$  bezeichnet und als Variable mit Werten zwischen 0 und 10 eingeführt. Null bedeutet «keine Massnahmen» und 10 «vollständige

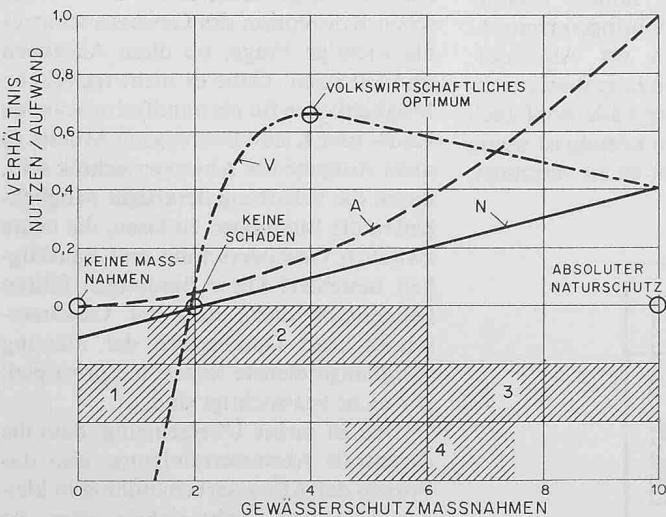


Bild 1. Gewässerschutzmassnahmen, Wirkungsbereiche der verschiedenen Stufen: 1 Ableitung und mechanische Klärung, 2 mechanisch-biologische Reinigung, 3 weitergehende Reinigung, 4 Forderung des Eidg. Gewässerschutzgesetzes. A = Aufwand, N = Nutzen, V = Verhältnis. Einheiten der Abszissenaxe siehe im Text

Entfernung aller Fremdstoffe aus dem Abwasser». Für kleine Werte von  $G$  möge ein negativer Nutzen  $N$ , also ein Schaden entstehen. Als erste grobe Annäherung werde für die Abhängigkeit des Nutzens  $N$  von den Massnahmen  $G$  ein linearer Ansatz gewählt. Der Aufwand  $A$  wäre für  $G = 0$  definitionsgemäß ebenfalls 0 und seine Zunahme wäre wohl überproportional anzusetzen, also zum Beispiel etwa quadratisch. Das Verhältnis  $V$  zwischen Nutzen und Aufwand wird dann für kleine Werte von  $G$  stark negativ, erreicht irgendwo ein Maximum und sinkt bei den grössten Werten von  $G$  wieder etwas ab. Das Maximum entspräche dann der erwähnten rein wirtschaftlichen Zielvorstellung.

Man könnte die technischen Gewässerschutzmassnahmen in drei Bereiche gliedern. Die kleinen Werte von  $G$ , bei denen Schäden zu erwarten sind, entsprechen etwa der Abwasserableitung und mechanischen Klärung, der mittlere Bereich überdeckt die mechanisch-biologische Reinigung der Abwasser, während der obere Bereich eine weitergehende Reinigung bedeutet. Die höchsten Zahlen würden sich auf Massnahmen beziehen, die den absoluten Naturschutz verwirklichen. Es ist zu vermuten, dass das volkswirtschaftliche Optimum etwa im Bereich der mechanisch-biologischen Reinigung liegt, und es ist sicher, dass die Forderungen, wie sie das derzeitige und wahrscheinlich auch das künftige eidgenössische Gewässerschutzgesetz in Art. 2 aufstellt, Massnahmen entsprechen, welche deutlich oberhalb dieses volkswirtschaftlichen Optimums liegen. Mit Sicherheit wird mit einer mechanischen Klärung allein niemals das volkswirtschaftliche Optimum erreicht, und mit einer mechanisch-biologischen Reinigung kann keinesfalls der absolute Naturschutzgedanke verwirklicht werden. Wir wollen in unseren weiteren Betrachtungen von Zielvorstellungen für den Gewässerschutz ausgehen, die deutlich über dem volkswirtschaftlichen Optimum liegen und ferner annehmen, dass diese Ziele

für alle Gewässer etwa dieselben seien. Diese Vorstellung wäre im einzelnen näher zu begründen; nach meiner Auffassung sollte sie aber aus Verantwortungsbewusstsein der Umwelt und der Nachwelt gegenüber die Grundlage bilden.

## 2. Massnahmen bei der Entstehung des Abwassers

Häusliches Abwasser entsteht in Spülaborten, Bädern, Küchen und Waschküchen. Moderne Haushaltgeräte wie Waschautomaten und Geschirrspülapparate sind massgebend beteiligt und werden in Zukunft stark zunehmen. Der Zeitpunkt, wo sozusagen jede Familie außer den üblichen Wasserverbrauchsstellen über diese Geräte und selbstverständlich auch über Bad und Dusche verfügt, ist in Sicht. Zentrale Warmwasserversorgungen werden den Anreiz zum reichlichen Wasserverbrauch steigern. Der Wasserpreis wird kaum einen erheblich dämpfenden Einfluss haben, auch wenn ihm die vollen Abwasserbeseitigungskosten belastet würden. Eine weitere Zunahme des spezifischen häuslichen Wasserverbrauches bis gegen 500 l pro Einwohner und Tag im Jahresmittel ist wahrscheinlich, wobei Spitze und Mittel etwa im Verhältnis 2:1 stehen werden. Sollten diese Zahlen zutreffen, so wird sich für die ganze Schweiz bei einem Planungsziel von 10 Mio Einwohnern immerhin ein Abwasserstrom von 100 m<sup>3</sup>/s in unsere Vorfluter ergießen, was etwa dem Mittelwasser der Limmat bei Zürich entspricht.

Kann dieser grosse Abwasseranfall wesentlich vermindert werden? Es ist nur ein Vorschlag zur Einschränkung der häuslichen Abwassermengen bekannt, nämlich ein Unterdrucksystem, das die hygienischen Vorteile des Spülabortes aufweist ohne dessen hohen Wasserverbrauch und ohne Einbringen menschlicher Ausscheidungen ins Abwasser. Eine allgemeine Anwendung dieser technisch und für besondere Fälle wohl auch praktisch interessanten Lösung ist wenig wahrscheinlich. Zudem ist zu vermuten,

dass dieses System die Abwasserfrage gesamthaft nicht wesentlich entschärfen würde. Wichtig ist dagegen, dass sich nicht neue Abfallbeseitigungsmethoden ausbreiten, welche die Menge oder die Schmutzfracht des häuslichen Abwassers vermehren, ohne wesentlich zum Komfort beizutragen. Deshalb sollten zum Beispiel keine Küchenmühlen eingeführt werden, bei denen Stoffe, die mit dem Hausmüll ohne Mehraufwand beseitigt werden können, abgeschwemmt werden.

Im Gegensatz zum häuslichen Abwasser ist bei der Industrie die Verringerung von Abwasser- und Schmutzmenge durch Massnahmen bei der Entstehung äußerst aussichtsreich. Die Fachliteratur gibt stark variierte Wassermengen je Produktionseinheit an. Das zeigt, wie sehr die Abwassermenge von den im Betrieb angewandten Verfahren abhängt. Es muss deshalb auch möglich sein – und ausgeführte Beispiele beweisen es –, dass durch innerbetriebliche Massnahmen Abwasser- und Schmutzmenge drastisch gesenkt werden. Zu diesen Massnahmen gehören die Einführung von Verfahren, welche ohne oder mit wenig Wasser auskommen, und die innerbetriebliche Rezirkulation, das heißt die Aufbereitung und Wiederverwendung des Wassers (Bild 2). Durch entsprechende Tarifgestaltung ist der Anreiz für die Einführung derartiger moderner Methoden zur Verkleinerung der Abwassermengen am Entstehungsort zu schaffen.

## 3. Zentrale oder dezentrale Abwasserreinigung

Wir geben im Mittel für Kanalisationen mindestens den drei- bis vierfachen Betrag des Aufwandes für die Kläranlagen aus. Es stellt sich deshalb im Rahmen einer Diskussion der technischen Konzeption des Gewässerschutzes die wichtige Frage, ob diese Ausgaben sinnvoll seien. Gäbe es nicht technische Möglichkeiten für einwandfrei arbeitende Haus- und Kleinkläranlagen? Müsste es nicht Aufgabe der Abwassertechnik sein, durch die Schaffung derartiger Möglichkeiten die Bindungen zu lösen, die heute zwischen Gewässerschutz und Bautätigkeit bestehen? Diese Bindungen führen bekanntlich dazu, dass der Gewässerschutz beim Durchsetzen der Planung Handlangerdienste leistet, die prinzipiell gar nicht beabsichtigt sind.

Es ist meine Überzeugung, dass die dezentrale Abwasserreinigung, also das Prinzip der Abwasserbehandlung in kleinen Einheiten, nicht richtig wäre. So notwendig und wichtig Abwasserreinigungsverfahren für kleine Siedlungen auch sind, so falsch wäre doch ihre generelle Anwendung. Kleinklä-

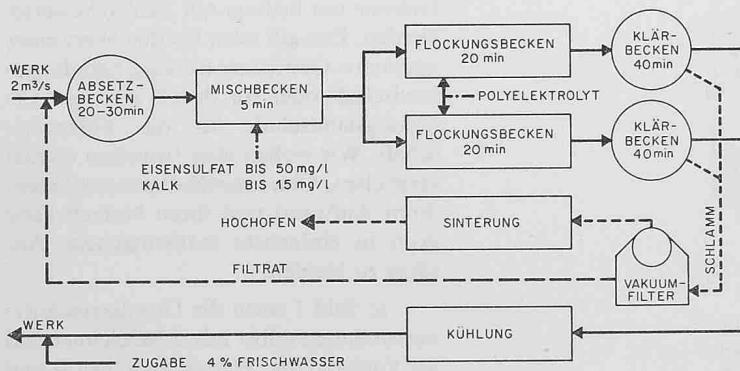


Bild 2. Abwasserrezykulation in einem modernen Stahlwerk der USA (nach «Civil Engineering», Nov. 1969)

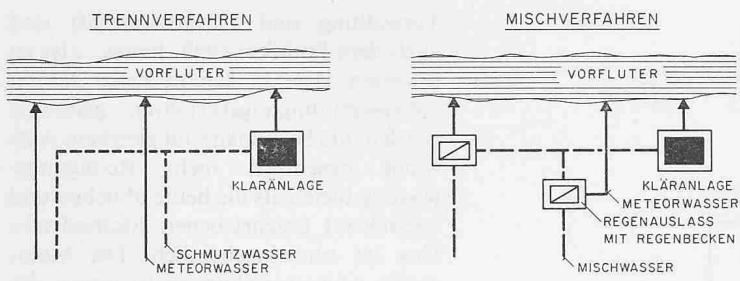


Bild 3. Entwässerungsverfahren

anlagen sind ein Notbehelf. Nur die möglichst grossräumige Zusammenfassung des Abwassers und seine zentrale Reinigung führen zum Erfolg. Dies aus drei Gründen.

Erstens gilt das bekannte Prinzip der Abnahme der spezifischen Anlage- und Betriebskosten mit zunehmender Anlagegrösse auch bei den Kläranlagen. Dabei ist die Möglichkeit der Einschränkung des Personalaufwandes im Betrieb wichtig. Auch in Zukunft bleibt mit extrem grosser Wahrscheinlichkeit der Grundsatz richtig, dass moderne, arbeitssparende Methoden auf Grossanlagen leichter einzuführen sind als auf Kleinanlagen.

Zweitens bieten Grossanlagen die Möglichkeit des Ausgleichs. Es wird hier nicht in erster Linie an die ausgleichende Wirkung abwassertechnischer Zusammenschlüsse auf Menge und Beschaffenheit des Abwassers gedacht, obwohl auch das wichtig ist. Aber vor allem kann eine regionale Grossanlage unerwartete Entwicklungen viel besser auffangen als mehrere kleinere Anlagen.

Drittens – und das ist vielleicht das Entscheidende – bieten nur Grossanlagen die Möglichkeit des weiteren Ausbaues mit vernünftigem technischen Aufwand. Der Begriff «Ausbau» soll hier das Einfügen von Einrichtungen zur weitergehenden Abwasserreinigung bedeuten. Die Forderung, dies zu tun, wird unweigerlich kommen. Vergessen wir nicht, dass wir mit den heute üblichen Methoden nur etwa zwei Drittel aller Fremdstoffe aus dem Abwasser entfernen. Vergessen wir nicht, dass noch in den 50er Jahren auch in der Schweiz für kleinere Gemeinden an leistungsfähigen Vorflutern mechanische Anlagen als vorerst genügend angesehen wurden, und dass erst die heute gültigen Richtlinien generell und zu Recht die volle biologische Reinigung fordern. Denken wir daran, dass wir mit der Einführung der sogenannten dritten Reinigungsstufe ganz am Anfang eines weiteren Schrittes stehen und dass, wenn wir unsere Ziele im Gewässerschutz erreichen wollen, in Zukunft weitergehende Forderungen an die Abwassertechnik gestellt werden müssen. Denken wir schliesslich daran,

dass man die Schlammbehandlung zu Recht als das heute wichtigste und schwierigste Problem der Technik der Abwasserreinigung bezeichnet hat. Künstliche Schlammtennwässerung, Trocknung und Verbrennung sind nur in grossen zentralen Anlagen sinnvoll durchzuführen, ganz ähnlich, wie dies für die Beseitigung der festen Siedlungsabfälle gilt.

Diese drei Gesichtspunkte zur Frage «zentrale oder dezentrale Abwasserreinigung» müssen doch wohl bei nüchterner Betrachtung dazu führen, dass man der grossen Lösung, der möglichst weitgehenden Zusammenfassung der Abwässer, den Vorzug gibt. Ja selbst dort, wo der abwassertechnische Zusammenschluss eher etwas teurer ist als die kleine Lösung, müsste man ihn aus diesen Überlegungen bevorzugen.

Wo sind eigentlich die Hindernisse, die so häufig dieser richtigen technischen Lösung im Wege stehen? Einmal ist bei Grossanlagen der für Kanäle aufzuwendende Kostenanteil wesentlich grösser als bei Kleinanlagen. Nun kann man aber ein Kanalnetz und besonders regionale Hauptsammelkanäle weniger gut etappenweise ausbauen als eine Kläranlage. Damit steigt bei den Grossanlagen der unmittelbare Kapitalbedarf. Ein zweiter Grund liegt wohl darin, dass der gemeinsamen Lösung von Aufgaben durch mehrere Gemeinden politische und rechtliche Hemmnisse entgegenstehen. Wir müssen aber ganz allgemein in der Abtretung von Kompetenzen an überörtliche Körperschaften grosszügiger werden. Das dritte Hindernis liegt meines Erachtens in der Uneinigkeit unter Fachleuten. Das jahrelange Feilschen um die beste Lösung ist bei Kläranlagen beinahe Brauch geworden und verzögert die Gesundung unserer Gewässer in gefährvoller Weise. Ohne Zweifel drückt sich hier oft die echte Sorge um die haushälterische Verwendung öffentlicher Mittel aus, gelegentlich sind aber auch handfeste wirtschaftliche Interessen im Spiel.

Wenn man also zur Auffassung kommt, es sei der zentralen Abwasserreinigung in möglichst grossen Einheiten der Vorzug zu geben, so gewinnt der

Kanalisationsbau sehr an Bedeutung im Vergleich zum Bau von Kläranlagen. Dann muss aber die Frage des Kanalisationsverfahrens aufgeworfen werden (Bild 3). Bekanntlich stehen zwei Verfahren zur Verfügung. Das Mischverfahren, also die gemeinsame Ableitung von Schmutzwasser, Regenwasser und Sickerwasser unter Einschaltung von Regenauslässen zur Begrenzung der Kanaldimensionen wird in Europa, auch in unserem Land, weit überwiegend angewendet. Beim Trennverfahren fliest das Schmutzwasser in eigenen Leitungen zur Kläranlage, alle übrigen Wassermengen werden in Meteorwasserkänen direkt dem nächsten Vorfluter zugeleitet. Dieses zweite Verfahren beherrscht die Neubauten in den USA, wo die früher ebenfalls gebauten Mischkanalisationen häufig mit grossem Aufwand auf das neue System umgestellt werden.

Leider gibt es keinen eingehenden Vergleich der amerikanischen und der europäischen, insbesondere der schweizerischen Praxis. Unsere Rechnungen lassen vermuten, dass mit dem Trennsystem den Vorflutern insgesamt eher mehr Schmutz zugeführt wird als mit dem nach unseren Richtlinien bemessenen Mischsystem. Die grössten Abwassermengen, die beim Trennsystem in einer modernen Überbauung anfallen, sind diejenigen von Strassen und Parkplätzen. Dieses Wasser ist aber keineswegs unbedenklich. Es sollte mindestens bei schwächeren Regenfällen durch die Kläranlage geleitet werden. Ideal wäre ein modifiziertes Trennsystem, bei dem das Strassenwasser zur Kläranlage geführt wird, während das Wasser von Grünflächen und von Dächern versickert oder zusammen mit Sicker- und anderem Reinwasser in den nächsten Vorfluter abgeleitet wird. Dabei sollte man nur wenige Regenauslässe bauen, damit Regenwasser-Behandlungsanlagen möglich werden. Als solche wären neben den heute schon üblichen Regenbecken mit ihrer Klär- und Rückhaltefunktion auch feine Siebe denkbar. Unter diesen Voraussetzungen dürfte der Weiterausbau unserer Kanalnetze nach dem Mischverfahren auf lange Sicht richtig sein.

#### 4. Möglichkeiten und Nutzen herkömmlicher Verfahren

Die bekannten Verfahren zur Reinigung vorwiegend häuslicher Abwässer erlauben es, praktisch alle ungelösten Stoffe und den grössten Teil der gelösten, biologisch gut abbaubaren organischen Stoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Im Abfluss bleiben kleinste Reste ungelöster Stoffe, etwa 20 mg/l, etwa 15 % der gelösten, biologisch gut abbaubaren organischen Stoffe und der grösste Teil

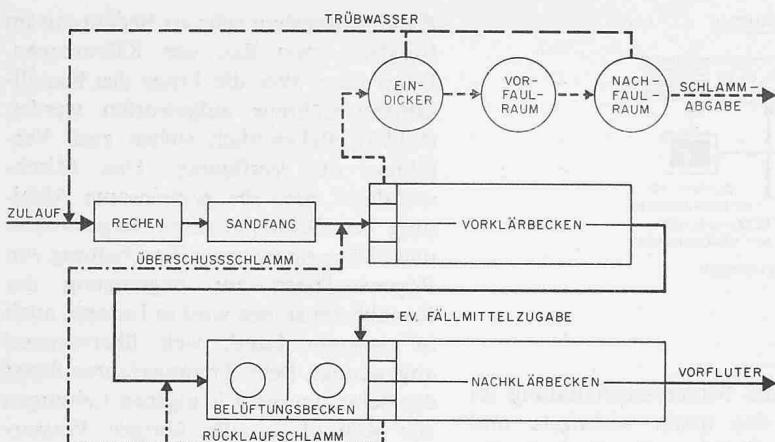


Bild 4. Schema einer normalen Belebungsanlage

der gelösten, biologisch schwer oder nicht abbaubaren organischen oder anorganischen Stoffe. Diese Leistungen erbringen Kläranlagen, die bei mittlerer Grösse – also bei einigen Zehntausend angeschlossenen Einwohnern – auf den heutigen Preisstand bezogen vielleicht 250 Fr./Einwohner kosten (Bild 4). Dabei steht praktisch in allen Ländern für Anlagen dieser Grösse das sog. konventionelle Belebungsverfahren mit Schlammfaulung im Vordergrund, wobei die Anlagen in einen mechanischen, einen biologischen und eine Schlammbehandlungsteil gegliedert werden können.

Im mechanischen Teil werden mit Hilfe maschinell gereinigter Rechen mit etwa 20 mm lichter Stabdistanz die groben Stoffe entfernt, welche zusammen mit dem Müll weiterbehandelt werden können. Dann folgt ein heute häufig belüfteter Sandfang zur Ausscheidung der groben mineralischen Verunreinigungen mit vielleicht 15 min Aufenthaltszeit und schliesslich als Hauptbauwerk des mechanischen Teils das sog. Vorklärbecken mit einer Stunde Aufenthaltszeit, ausgebildet als flaches Becken mit Schildräumer.

Im biologischen Teil werden die Belüftungsbecken für mindestens 1 Stunde Aufenthaltszeit ausgelegt, wobei für eine 90%ige Reinigungsleistung eine Schlammbelastung, also ein Verhältnis von zugeführter BSB<sub>s</sub>-Menge zu vorhandener aktiver Trockensubstanz von etwa 0,3 kg/kg·Tag erforderlich ist. Die normalen Schlammgehalte liegen zwischen 2 und 3 kg/m<sup>3</sup>. Zur Sicherstellung des Sauerstoffeintrages werden Belüftungseinrichtungen benötigt, von denen die feinblasige tiefliegende Druckbelüftung und die Oberflächenbelüftung mit Kreiseln für die geschilderte Normalanlage im Vordergrund des Interesses stehen. Im Nachklärbecken schliesslich wird die Trennung von gereinigtem Abwasser und Belebtschlamm vollzogen,

der letztere fliesst als Rücklaufschlamm zum Belüftungsbecken zurück. Die Nachklärbecken werden heute als Rundbecken verschiedener Tiefe oder als Rechteckbecken mit Längs- oder seltener auch Querdurchströmung gebaut. Gegenüber dem meist verwendeten Kettenräumer beginnen sich in den flachen Rechteckbecken andere Räumerarten wie Schildräumer oder Saugräumer einzubürgern. Die Aufenthaltszeit im Nachklärbecken beträgt mindestens 2 h; massgebende Bemessungsgröße ist die Feststoffoberflächenbelastung, welche etwa zu  $2,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$  bei einem Schlammvolumenindex von  $120 \text{ cm}^3/\text{g}$  angenommen werden kann. Dabei sollte die Oberflächenbeschickung unter  $1 \text{ m/h}$  bleiben.

Der Schlammbehandlungsteil besteht meist aus zwei Faulräumen, von denen häufig nur der sog. Vorfaulraum als Reaktor angesprochen werden kann, während der Nachfaulraum, der meist gleich gross gebaut wird, eher als Eindick- und Stapelbehälter zu bezeichnen ist. Die Bemessung des Vorfaulraumes geschieht bei unserer Normalanlage meist so, dass die Belastung mit organischen Stoffen etwa  $3 \text{ kg/m}^3\cdot\text{Tag}$  beträgt. Dabei wird der Frischschlamm als Gemisch von Primär- und Überschuss-schlamm zugegeben. Als Schlammengen wird etwa  $100 \text{ g/E}\cdot\text{Tag}$  angenommen, mit zwei Dritteln organischem Anteil ( $E = \text{Einwohnerzahl}$ ). Der Feststoffgehalt des aus dem Vorklarbecken abgezogenen Schlammes liegt bei etwa 4%, derjenige des aus dem Nachfaulraum entnommenen und in den meisten Fällen der Landwirtschaft in flüssiger Form zugeführten Schlammes vielleicht bei 8%.

## 5. Die voraussichtliche zukünftige Entwicklung der Abwasserreinigungstechnik

Wohl die Hauptfrage, die sich dem für die Durchführung des Gewässerschutzes verantwortlichen Ingenieur in

Verwaltung und Privatwirtschaft und auch dem Politiker stellt, heisst: «Ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren Abwasserreinigungsverfahren gefunden werden, die bei annähernd gleichem Aufwand wesentlich mehr Reinigungsleistung bieten als die heute üblichen und vorstehend beschriebenen Methoden?» Das ist unwahrscheinlich. Die biologische Abwasserreinigung ist wegen der verhältnismässig kurzen Aufenthaltszeiten und damit kleinen Bauvolumen und Kosten und wegen der im Betrieb weitgehenden Unabhängigkeit von Hilfsstoffen und damit günstigen Betriebskosten bei der grossen Menge des Rohstoffes Abwasser auf weite Sicht noch als eine zweckmässige Lösung anzusehen. Das gilt trotz gewisser Nachteile wie Empfindlichkeit gegenüber Giften, niederen Temperaturen und dergleichen.

Es ist zu erwarten, dass unter den biologischen Verfahren das Belebungsverfahren für grössere Anlagen weiterhin an der Spitze des Interesses stehen wird. Dabei können Verbesserungen gefunden werden, die eine sparsamere Bemessung oder eine bessere Wirkung zur Folge haben. Man muss sich aber in der Abwassertechnik hüten, derartige Neuerungen im grösseren Massstab baulich auszuführen, bevor in mehrjährigen praktischen Versuchen erhärtet wurde, dass es sich tatsächlich um Fortschritte handelt. So ist etwa Vorsicht geboten bei der Empfehlung zur knappen Bemessung von Belüftungs- und Nachklärbecken oder der Belüftungseinrichtungen. Eine verantwortungsvolle Aufgabe des projektierenden Ingenieurs besteht darin, dafür zu sorgen, dass im Widerstreit konkurrierender Lieferanten nicht zu knapp bemessene Anlagen ausgeführt werden.

Eine weitere Grundfrage, die sich nach unseren früheren Ausführungen über die Problemstellung in der Abwassertechnik aufdrängt, müsste wohl heissen: «Sind die heute erstellten, biologischen Kläranlagen im Hinblick auf später zu erwartende, weitergehende Anforderungen an den Reinigungsgrad sinnvolle Investitionen?» Auch diese Frage darf mit ja beantwortet werden. Ein weitergehender Reinigungsgrad setzt verfeinerte technische Verfahren voraus. Solche verfeinerte Verfahren sollten aber nicht Abwasser im Rohzustand reinigen müssen. Auf alle Fälle sollte ein Grossteil der ungelösten Stoffe vorher eliminiert werden. Das heisst, dass man mindestens von einem vorgeklärten Abwasser ausgehen sollte, dass also auch später Rechen, Sandfang und Vorklärbecken wichtige Dienste leisten werden. Ferner ist mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass auch bei einem späteren

Ersatz biologischer Verfahren Reaktions-, Absetz- oder Stapelbehälter benötigt werden. Damit können Belüftungs- und Nachklärbecken auch später verwendet werden. Ihre maschinelle Einrichtung wird bis zu jenem Zeitpunkt ohnehin zu ersetzen sein.

Bei der Schlammbehandlung ist am ehesten mit einer baldigen Änderung der Randbedingungen und damit der Verfahren zu rechnen. Es ist heute schon in manchen Gebieten schwierig, den Schlamm in flüssiger Form landwirtschaftlich unterzubringen. Die wesentlich teurere Schlammentwässerung auf 40 bis 60% Wassergehalt ist in Ballungsgebieten bereits heute nötig. Die weitere Entwicklung geht mit Sicherheit in dieser Richtung, und es fragt sich deshalb, ob der kapitalintensive Ausfaulprozess für die Zukunft richtig sei. Wenn der Schlamm aber vielleicht noch 10 Jahre lang – unter Umständen nach Pasteurisierung – landwirtschaftlich abgegeben werden kann, so kann man die Entwicklung der Schlammbehandlungstechnik abwarten und daraus Nutzen ziehen. Es ist aber auch später von wesentlichem Vorteil, geschlossene Behälter für Stapelung und Eindickung des Schlammes zur Verfügung zu haben. Die Aufwendungen für Faulräume können sich unter diesem Gesichtspunkt auch für die Zukunft rechtfertigen.

Seit einigen Jahren wird in unserem Lande primär an stehenden Gewässern und in deren Einzugsgebiet auf einem Teil der Anlagen die Phosphatelimination als dritte Reinigungsstufe angewendet. Phosphate, als Minimumstoffe bei der Entwicklung von Algen in Seen erkannt, sind im Ablauf biologischer Kläranlagen noch in einer Konzentration von etwa 10 mg/l enthalten. Sie können durch Fällung mit Eisenchlorid oder Aluminiumsulfat auf etwa 2 mg/l vermindert werden. In den meisten Fällen geschieht dies mit Hilfe der sogenannten Simultanfällung, bei der zum Beispiel zwischen 5 und 10 mg/l dreiwertiges Eisen ins Belüftungsbecken oder den Zulauf zum Nachklärbecken gegeben wird. Die bisherigen Erfahrungen scheinen eine gewisse Hoffnung zu rechtfertigen, dass auf diese Weise die beängstigende Eutrophierung unserer Seen gebremst werden kann. Die Baukosten für das Simultanfällungsverfahren sind gering. Offensichtlich sind aber bei späteren weitergehenden Anforderungen zusätzliche Bauwerke nötig. Das Verfahren der Nachfällung geht in dieser Richtung einen Schritt weiter und verlegt die Phosphatelimination in einen besonderen Anlageteil, was grundsätzlich ermöglichen würde, die chemische Abwasserbehandlung weiter zu treiben.

Abgesehen von den Phosphaten sind nach der üblichen Behandlung noch wesentliche Mengen an gelösten Stoffen im Abwasser enthalten. Wie weit diese im Interesse des Gewässerschutzes entfernt werden müssen, ist vorläufig offen. Ferner wird die Abwasserdeseinfektion an Badegewässern in Zukunft zur Diskussion stehen müssen. Wenn wir den Abfluss einer gut funktionierenden mechanisch-biologischen Kläranlage mit Flusswasser vergleichen, welches im Ausland gelegentlich für Trinkwasserzwecke aufbereitet werden muss, so drängt sich der Gedanke auf, diesen Abfluss im Bedarfsfalle mit den in der Trinkwasseraufbereitung bewährten Methoden weiter zu behandeln. In der Tat gehen alle Methoden, die man bei uns etwa unter dem Stichwort «Weitergehende Abwasserbehandlung» oder «Dritte Reinigungsstufe» zusammenfassen könnte und die im englischen Sprachbereich als «advanced treatment» bezeichnet werden, in dieser Richtung.

Man kann sie deshalb etwa unterteilen in die folgenden Verfahren: Mikrosiebe, Fällung, Flotation, Filtration, Adsorption, Desinfektion, Oxidation, dann die verschiedenen Entsalzungsverfahren wie Destillation, Elektrodialyse, Ausfrierverfahren und Osmose. Zu diesen Behandlungsverfahren wäre noch die Abwasserverwertung hinzurechnen. Forschung ist auf diesem Gebiet vor allem in den USA betrieben worden. Es wäre erwünscht, wenn auch in unserem Lande die Forschung auf

dem Gebiet der weitergehenden Abwasserbehandlung, das heißt der Abklärung ihrer Notwendigkeit und der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten intensiviert würde, ohne dabei allerdings außer acht zu lassen, dass es noch viele praktische Fragen der ersten und zweiten Reinigungsstufe und der Schlammbehandlung gibt, die so rasch als möglich geklärt werden sollten.

Mikrosiebe sind eine einfache und billige Methode zur Verbesserung biologisch gereinigter Abflüsse. Nach Versuchen gestatten sie bei  $23\text{ }\mu$  Lichtweite eine Verminderung der Schwebestoffe um etwa eine Zehnerpotenz und des BSB um etwa 80%. Die Kosten dürften zwischen 1 und 2 Rp./m<sup>3</sup> liegen, wobei auch der Kapaldienst inbegriffen ist.

Die Filtration, welche in der Wasserversorgungstechnik das wichtigste Verfahren darstellt, lässt sich auch auf biologisch gereinigtes Abwasser anwenden. In Versuchen wurde die Filtration mit Kieselgur durchgeführt. Es handelt sich auch hier wie beim Mikrosieb um ein mechanisches Abscheiden kleinsten Schwebestoffe.

Bei der chemischen Behandlung sind wie in der Wasserversorgungstechnik die Zugabe der Chemikalien zur Flokulation oder Ausfällung von kolloidal verteilten oder echt gelösten Stoffen und ein Verfahrensschritt zur Trennung der nun erhaltenen Schwebestoffe vom reinen Wasser erforderlich. Dazu kommen in Frage Mischbecken, Reaktionsbecken, Absetzbecken und Filter.

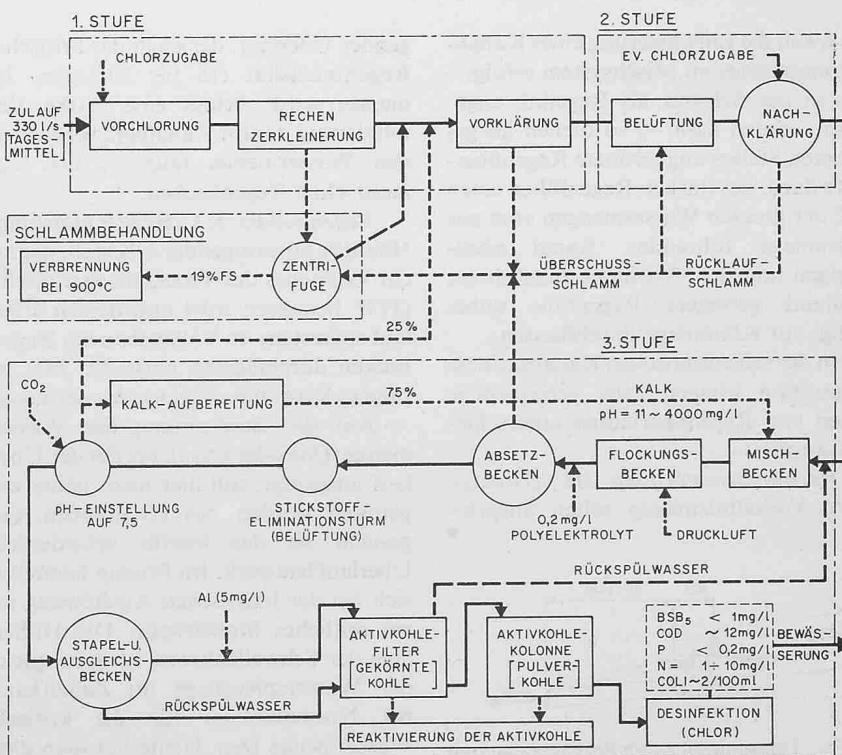


Bild 5. Verfahrensschema der Kläranlage Lake Tahoe, USA (nach «Civil Engineering», November 1969)

Von grosser Bedeutung dürfte das Adsorptionsverfahren werden. Es kommt dafür gekörnte oder pulverförmige Aktivkohle in Frage. Körnige Aktivkohle wird in Filtern verwendet, Pulverkohle zugegeben und in Absetzbecken wieder ausgeschieden. Mit dem Adsorptionsverfahren können zum Beispiel Farbstoffe aus dem Abwasser entfernt werden. Die Wirtschaftlichkeit hängt davon ab, ob es gelingt, die eingesetzte Aktivkohle zu vernünftigen Bedingungen zu reaktivieren.

Oxidation der in Kläranlagenabflüssen noch vorhandenen organischen Stoffe ist auf chemischem Wege möglich; Versuche mit Ozon haben zum Erfolg geführt.

Die übrigen genannten Verfahren dienen vor allem der Entfernung anorganischer gelöster Stoffe aus dem Abwasser. Das Interesse an derartigen Verfahren wird zweifellos nur dann steigen, wenn die Wiederverwendung von Abwasser im Vordergrund steht. Der Gehalt an anorganischen Stoffen ist im Abfluss biologischer Kläranlagen normalerweise etwa um 300 bis 400 mg/l höher als im Wasser, welches von der Wasserversorgung geliefert wird. Für die Destillation von biologisch gereinigtem Abwasser wird in amerikanischen Kostenschätzungen die Zahl von 1 Fr./m<sup>3</sup> genannt.

Die weitergehende Abwasserbehandlung steht auf einigen Kläran-

lagen der USA seit wenigen Jahren im praktischen Betrieb. Am weitesten wird die Abwasserrreinigung auf der Kläranlage Lake Tahoe in Kalifornien getrieben (Bild 5). Der Ablauf der biologischen Reinigung wird zunächst chemisch behandelt. Dann folgt eine Entfernung von Stickstoffverbindungen nach Kalkzugabe durch Ausblasen und eine Behandlung mit Aktivkohle. Der so erhaltene Abfluss von hoher Qualität wird aber nicht in den See geleitet, sondern speist einen für den Wassersport vorgesehenen besonderen künstlichen See, von dem aus das Wasser schliesslich zu Bewässerungszwecken verwendet wird.

Die weitergehende Abwasserbehandlung steckt noch ganz in den Anfängen. Die Bedeutung derartiger Prozesse, deren Kosten in die gleiche Größenordnung gehen wie diejenigen der bisherigen zweistufigen Behandlung, wird zwar nicht zuerst in Gebieten mit grossem Wasserreichtum, wie in der Schweiz, zunehmen. Aber auch unsere hydrologischen Verhältnisse sind gebietsweise prekär und verlangen, dass wir uns um diese Fragen eingehend kümmern.

## 6. Schlussfolgerungen

Die vorstehenden Ausführungen mögen gezeigt haben, dass die technischen Möglichkeiten zur Erhaltung oder Wiederherstellung einer hohen Wasser-

güte vorhanden sind oder geschaffen werden können. Es geht dabei nicht nur um die Behandlung der heute oder in Zukunft anfallenden Abwassermengen. Vielmehr besteht die erste Aufgabe darin, den Schmutzanfall durch Massnahmen an der Quelle herabzusetzen, was vor allem im industriellen Bereich als aussichtsreiches Mittel des Gewässerschutzes zu gelten hat. Es wurde ferner festgestellt, dass – gerade auch im Hinblick auf zukünftige weitergehende Anforderungen – die zentrale Abwasserbehandlung in möglichst grossen Einheiten angestrebt werden muss. Für die Zusammenfassung des Abwassers dürfte ein modifiziertes Mischsystem am meisten Vorteile bieten. Die Abwasserbehandlung ist auf eine konsequente Durchführung der biologischen Reinigung für alle Abwässer, welche dieser Behandlung zugänglich sind, auszurichten. Weitergehende Abwasserreinigungsverfahren werden an diese klassischen Verfahren anschliessen; ein Ersatz durch revolutionäre Neuerungen ist in naher Zukunft wenig wahrscheinlich. Es wäre deshalb unverzeihlich wenn wir nicht so rasch als möglich alle Abwässer in möglichst grossen biologischen Kläranlagen, gegebenenfalls mit Phosphatelimination, behandeln würden.

Adresse des Verfassers: Richard Heierli, dipl. Ing., Professor an der ETHZ, 8006 Zürich, Culmannstrasse 56.

## Die hydraulische Bemessung von Regenüberläufen mit Drosselstrecke

Von W. Munz, dipl. Ing., Dübendorf

DK 628.258

Wenn die Entwässerung eines Kanalisationsgebietes im Mischsystem erfolgt – was in der Schweiz als Regelfall angesehen werden kann –, so dienen an geeigneten Stellen angeordnete Regenüberläufe dazu, bei starken Regenfällen einen Teil der grossen Wassermengen vom zur Kläranlage führenden Kanal abzuzeigen und dem Vorfluter zuzuführen, während geringere Regenfälle unbewilligt zur Kläranlage durchfliessen.

In der schweizerischen Kanalisation konzeption können zwei verschiedene Arten von Regenüberläufen unterschieden werden:

*Hochwasserentlastung HE* (Notauslass). Verhältnismässig selten anspring-

gender Überlauf, der nach der kritischen Regenintensität (15 bis 50 l/s,ha) bemessen wird; bringt eine starke Verminderung der im Kanalnetz verbleibenden Wassermenge (auf  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{20}$ ); meist ohne Regenbecken.

*Regenauslass RA* (Regenentlastung). Häufiger anspringender Überfall, der auf ein Vielfaches des Trockenwetteranfalles  $Q_{TW}$  bemessen wird und dessen Überlauf spätestens im Vollausbau ein Regenbecken durchfliessen muss [2, 24]; geringere Verminderung der Wassermenge.

Auf die Bestimmung der Wassermenge ( $Q_{an}$  oder  $Q_{krit}$ ), bei der der Überlauf anspringt, soll hier nicht näher eingetreten werden. Sie sei gegeben, und gesucht sei das hierfür erforderliche Überlaufbauwerk. Im Prinzip handelt es sich bei der klassischen Ausführung um ein seitliches Streichwehr. Die Höhenlage der Schwellenkrone ist dabei gleich der Wasserspiegelhöhe im Zulaufkanal bei Normalabfluss für die kritische Wassermenge  $Q_{an}$ . Heute hat man diese Bauart verlassen und zieht die Überfallschwelle höher hinauf. Dadurch wird der Ablauftunnel zur Kläranlage überstaut,

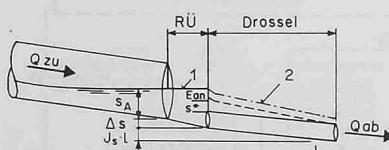


Bild 1. Längenprofil durch Regenüberlauf mit Drosselstrecke bei Wassermenge  $Q_{an}$

1 Überlauschwelle

2 Energiegefälle  $J_s$

und die folgende Kanalstrecke wirkt als Drosselstrecke (Bild 1).

### 1. Vor- und Nachteile der Drosselung

Durch diese Veränderung werden folgende wesentlichen Vorteile erzielt:

1. Durch das Hochziehen der Schwelle über den Normalabflussspiegel im Zulauf erreicht man eine in der Berechnung nicht berücksichtigte Speicherwirkung, indem der Überlauf bei  $Q_{an}$  erst dann anspringt, wenn das Speichervolumen im Zulaufkanal zwischen dem Normalabflussspiegel und dem Stauspiegel beim Anspringen gefüllt ist. Durch eine grössere Schwellenhöhe wird der Vorfluter auch qualitativ besser geschützt, die Feststoffkonzentration kann im Ablauf zur Kläranlage bis 20% höher sein als im Überlauf [7].
2. Je höher die Wehrschwelle, um so kleiner wird die relative Differenz der Wasserspiegelhöhen vor dem Drosselauf – und damit auch der Ablaufmengen  $Q_{ab}$  – zwischen dem Zustand bei  $Q_{an}$  und demjenigen bei grösster Zuflussmenge. Ideal wäre es, wenn die