Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 3

Artikel: Abwassertechnik und Biologie
Autor: Hasenböhler, Anton
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941385

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: 17.07.2025

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

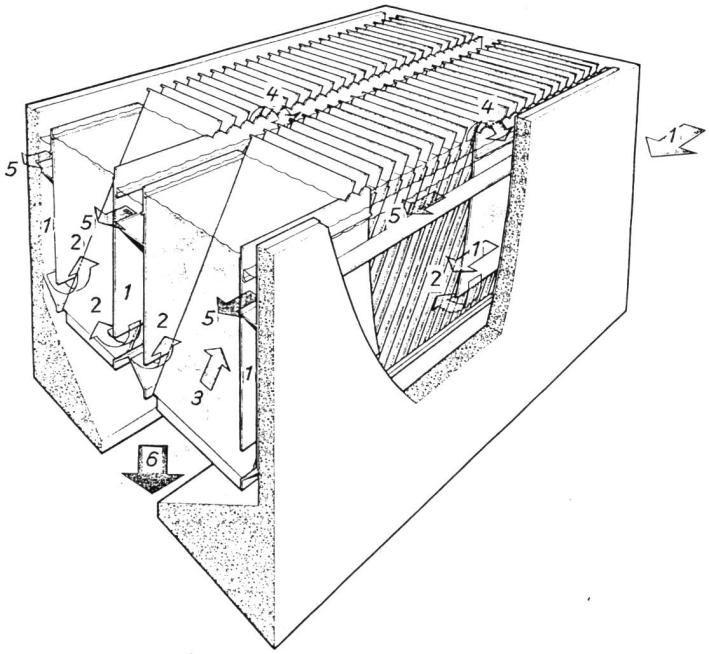


Bild 1. Schematische Darstellung eines Lamellenklärers. 1 Rohwasserkanal, 2 Eintritt Rohwasser in Lamellenzelle, 3 Aufwärtsströmung des Wassers zwischen den Lamellen, 4 Überlaufrinne Reinwasser, 5 Reinwasserkanal, 6 Schlammsammler.

Das Lamellenpaket ist derart dimensioniert, dass eine laminare und stabile Strömung vorliegt. Mit einer einfachen Konstruktion wird eine gleichmässige Verteilung des Wassers sowohl auf die Lamellenzellen als auch über die Lamellen erreicht. Wegen der kontinuierlichen Querschnittsveränderung des Rohwasser-Kanals und der seitlichen Abführung des geklärten Wassers durch Überlaufrinnen verteilt sich das Wasser gleichmässig auf die Lamellenzellen. Die Energievernichtung beim Zusammentreffen der Ströme von beiden Seiten in der Mitte der Lamelle bewirkt eine gleichmässige Verteilung über einen grossen Bereich der Lamellen. Die Qualität des Reinwassers ist besser als bei herkömmlichen Anlagen trotz einer wesentlich grösseren Oberflächenbelastung. Die Lamellen bestehen aus Kunststoff, Edelstahl oder Blechen mit einer Kunststoffbeschichtung und können nach oben herausgezogen werden.

Einsatz der Lamellenklärer

Der Klärer kann grundsätzlich für alle Sedimentationsvorgänge nach entsprechender Optimierung eingesetzt werden. Hauptanwendungsgebiet ist einerseits die Aufbereitung von Oberflächenwässern mit vorgeschalteter Flokkung, andererseits die Entcarbonisierung mit Kalk für Kühlwasserkreisläufe.

Das so behandelte Wasser hat weniger als 5 ppm Schwebstoffgehalt, daher können grosse Kiesfilteranlagen mit hohem Spülwasser- und Spülluftbedarf entfallen. Weitere Anwendung findet sich in der Trinkwassergewinnung aus Oberflächenwässern; hier wird eine Flockung vorgeschaltet. Erfolgreich wurde der Klärer auch für die Aufbereitung starkverschmutzten Wassers aus den Nassentschlackern von Kraftwerken eingesetzt. Normale Rundklärbecken setzen sich hier sehr schnell zu. Das Eingangswasser hat Schwebstoffgehalte von ungefähr 1500 ppm, das Ausgangswasser nur noch rund 30 ppm.

So ist es möglich, die Verschmutzung der Wasserläufe, in die das benutzte Wasser zurückgegeben wird, stark zu reduzieren.

Adresse des Verfassers: Dr. *Erhard Schmidt*, Permutit Gesellschaft mbH, Berlin.

Abwassertechnik und Biologie

Anton Hasenböhler

Einleitung

Belebungsanlagen gehören in der Abwassertechnik zu den Standardverfahren und stellen das Kernstück einer Abwasserreinigungsanlage dar. Unregelmässigkeiten im Betriebsablauf von Kläranlagen sind daher meistens auf Störungen der in der Gesamtanlage integrierten biologischen Stufe zurückzuführen.

In dieser Arbeit sollen deshalb einige fundamentale Grundlagen biologischer Systeme erläutert, die Zusammenhänge zwischen Betriebsparametern und Reinigungsleistung sowie Eingriffsmöglichkeiten für eine Überwachung biologischer Prozesse aufgezeigt werden.

In der folgenden Abbildung sind die potentiellen Einflussgrössen, denen die Stoffwechselaktivität eines Organismus ausgesetzt sein kann, wiedergegeben.

Auf die Kontrollfunktionen genotypischer Faktoren wird hier nicht näher eingegangen, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Das darf jedoch keineswegs dahingehend interpretiert werden, als ob ihre Bedeutung vernachlässigbar wäre.

Die pauschalen Kenndaten (zum Beispiel TOC, CSB, BSB_5), wie sie in der Abwassertechnik verwendet werden, sind zur Charakterisierung einer biologischen Prozesskinetik nicht geeignet, da sie die Zusammensetzung der realen Inhaltsstoffe von Abwässern verbergen.

In Bild 1 wurden diese daher weitgehend in die einzelnen Hauptkomponenten und die jeweiligen Konzentrationswerte aufgegliedert. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass sowohl qualitative wie quantitative Veränderungen des Rohwassers sich auf die Biologie auswirken. Zudem stehen diese Betriebsfaktoren in den verschiedensten Wechselbeziehungen zueinander, was zur Folge hat, dass einzelne Grössen nicht unabhängig voneinander variiert werden können, das heisst, durch die Manipulation eines Betriebsfaktors kann das gesamte System verändert werden.

In der Biotechnologie der Fermentationsindustrie versucht man gezielt, Nährstoffzusammensetzung und Betriebsparameter so abzustimmen beziehungsweise auszulegen, dass die Stoffwechselaktivität der Organismen gezielt in die gewünschte Produktrichtung abläuft. In der Abwasser-

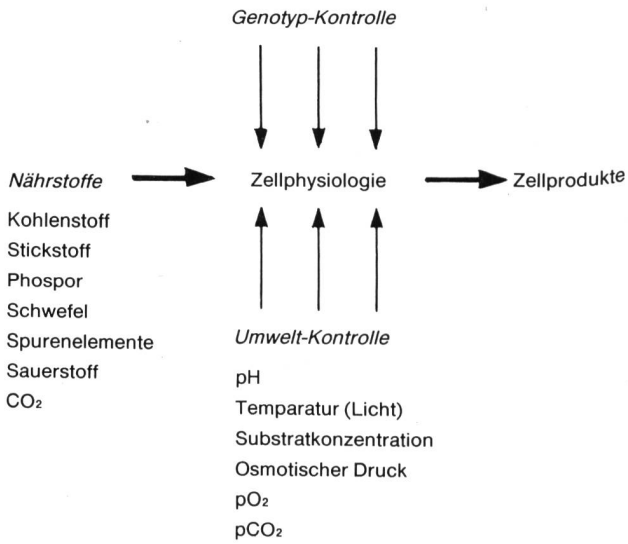


Bild 1. Die Beziehung zwischen genetischer und umweltbezogener Kontrolle des mikrobiellen Stoffwechsels.

technik hingegen sind die meisten dieser den biologischen Prozess bestimmenden Faktoren durch das zu reinigende Abwasser vorgegeben und entziehen sich daher weitgehend einer Überwachung. Diese kann sich somit nur auf die Betriebsgrössen beziehen, die durch verfahrenstechnische Massnahmen kontrollierbar sind. Für den Entwicklungsingenieur auf dem Gebiet der Abwassertechnik muss also hier der Ansatzpunkt für seine Tätigkeit gesehen werden.

Problemstellung

Eine aerobe Belebtschlammanlage neigt erfahrungsgemäss immer dann zu unbefriedigendem Verhalten, wenn einerseits ein unausgeglichenes C–N–P-Verhältnis vorliegt und/oder die BSB_5-Schlammbelastung ausserhalb der systemrelevanten Grenzwerte liegt. Die Störungen zeigen sich in der Bildung von Bläh- und Schwimmschlamm und folglich in schlechten Ablaufwerten der Anlage.
Abwässer haben bezüglich ihrer Schmutzfracht die Eigenschaft, dass gerade dieser Wert nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ sowohl kurzfristig, wie über längere Zeiträume (zum Beispiel Kampagne von Lebensmittelbetrieben), grossen Schwankungen unterliegt.
Die Weiterentwicklung biologischer Abwasserreinigungssysteme zum Auffangen von Belastungsschwankungen kann grundsätzlich in zwei Richtungen betrieben werden:
1. Die Suche nach Verfahren, die sehr grosse Eigenkompensationskapazitäten besitzen.
2. Durch Regelvorgänge, die den Betriebsablauf den vorherrschenden Bedürfnissen angleichen.
Unter dem Aspekt der Betriebssicherheit und der Steigerung der Reinigungsleistung einer Kläranlage läuft die allgemeine Tendenz eindeutig in Richtung geregelter Biologie.

Geregelte Biologie

Grundlagen aller Regelvorgänge sind Messungen einzelner Betriebsparameter, die zur Regelung des Betriebsablaufes herangezogen werden können.
Vom rein technischen Standpunkt aus gesehen, ist es sinnvoll, nur solche Messsysteme einzusetzen, die genaue und reproduzierbare Werte liefern. Ebenso sollte der erforderliche Wartungsaufwand möglichst gering sein. Durch häufigen Ausfall von Messgeräten und durch Fehlanzeigen würden Regelvorgänge eingeleitet, die den tatsächlichen Erfordernissen gar nicht entsprechen, so dass sich die Vorteile eines geregelten Systems in Nachteile verwandeln.
Hinsichtlich der bisherigen Entwicklung geeigneter Modelle und Systeme zur Überwachung von Kläranlagen lassen sich diese in zwei Kategorien unterteilen:
1. Messung chemischer und physikalischer Parameter zur Charakterisierung des Substrates.
2. Messung verschiedener Parameter, die zur Beschreibung des physiologischen Zustandes des Belebtschlammes herangezogen werden.
Diese beiden Richtungen unterscheiden sich nicht nur in der Erfassung verschiedener Betriebsparameter und deren Messtechnik, sondern auch grundsätzlich.

Abwasserkenngrössen

Die heute üblichen Kenngrössen, die prinzipiell automatisch erfasst werden können, wie TOC, CSB, Schwebestoffe (Trübungsmessung) und Leitfähigkeit, liefern nur grobe Anhaltspunkte über die Beschaffenheit des Abwassers. Wie eingangs erwähnt, kann durch die unter diesen Sammelbegriffen erfassten Substanzenvielfalt keine gültige Aussage über deren Wirkung auf das biologische System getroffen werden. Gültige Rückschlüsse auf die Biologie sind nur dann möglich, wenn sich hinter den TOC-, CSB-, Schwebestoff- oder Leitfähigkeits-Werten die gleichen realen Inhaltsstoffe verbergen, was aber in der Praxis nur in Ausnahmefällen zutrifft.
Um von Zulaufdaten relevante Rückschlüsse auf deren Auswirkungen in der Belebungsstufe ziehen zu können, das heisst sie in einen kausalen Zusammenhang zu stellen, müssten die Inhaltsstoffe einzeln erfasst (vgl. Bild 1) und aufgrund ihrer Wechselbeziehungen korrigiert werden und die gesamte Prozesskinetik bekannt sein.
Die Entwicklung geeigneter und betriebssicherer Messgeräte für die separate Messung der Einzelsubstrate in der Substanzenvielfalt eines Abwassers im rauhen Betrieb einer Kläranlage hat bis heute den erwünschten Stand nicht erreicht, ebenso ist die Kenntnis der prozesskinetischen Zusammenhänge noch ungenügend, um auf dieser Basis eine sinnvolle Prozessübewachung zu realisieren.
Selbst wenn es diese Analysenautomaten schon gäbe, wären diese mit hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden. Für die Wartung käme nur hochqualifiziertes Personal in Frage. Überdies wäre noch abzuklären, wie betriebssicher solche Multianalysensysteme in der Praxis arbeiten und ob Schmutzfrachtänderungen überhaupt rechtzeitig erfasst werden können.
Wie sollen toxische Substanzen erfasst und deren Einfluss auf die biologische Stufe gewertet werden. Diese Einflussgrösse ist sehr relativ.
Auch bei günstigsten Voraussetzungen, was Analysentechnik, Betriebssicherheit und Kenntnisse der Prozesskinetik betrifft, ist es doch eine indirekte Überwachungsmethode. Für eine direkte Überwachung biologischer Systeme sollten biologische Kenngrössen herangezogen werden.

Biologische Kenngrössen

Der repräsentativste Indikator für Schmutzfrachtänderungen in einem biologischen System ist sein Belebtschlamm beziehungsweise dessen Aktivität. Unter dem Begriff Schlammaktivität versteht man die Aktivität eines ganzen Systems beziehungsweise eines Polyenzymsystems.
Bei der Messung von Aktivitäten sowohl von einzelnen Enzymen wie von Polyenzym- oder biologischen Systemen erfasst man alle Einflussgrössen samt ihrer komplexen Wechselbeziehungen auf diese Systeme notwendigerweise mit, ohne dass diese Faktoren mit einer aufwendigen Analysentechnik einzeln bestimmt werden müssen. Selbst inhibitorische Effekte durch toxische Substanzen gehen in die Messung ein.

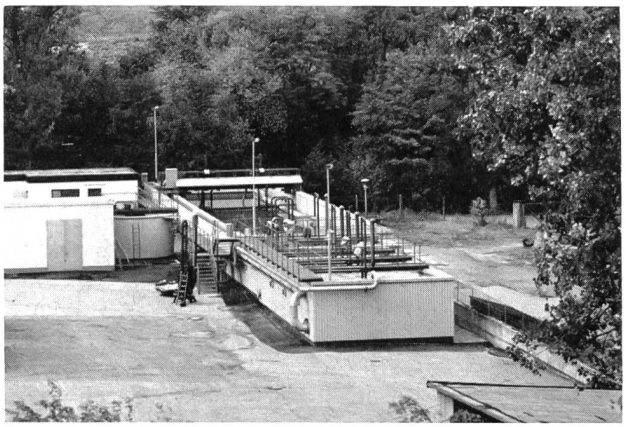


Bild 2. Anlage mit Regelung über Rücklaufschlamm und Klarwasser- Rückführung sowie Steuerung über den spezifischen Sauerstoffbedarf.

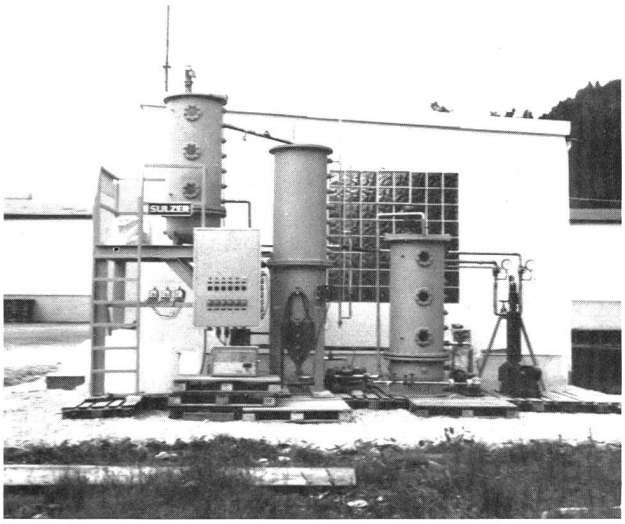


Bild 3. «Geregelte» Pilotanlage zur biologischen Abwasserreinigung nach dem Prinzip der Schlammwiederbelüftung.

Die Messung von Enzymaktivitäten kann entweder über deren Substratabnahme oder die jeweilige Produktezunahme erfolgen, was auch für Polyenzymsysteme zutrifft, mit dem Unterschied, dass hier verschiedenste Substratgemische vorliegen und unterschiedliche Produkte entstehen können. Grundsätzlich könnten alle Substratkomponenten und/oder Produkte zur Messung der Schlammaktivität einbezogen werden, die Frage ist nur, was sinnvoll und praktikabel ist. Eine essentielle Substratkomponente beim aeroben Abbau der Abwasserinhaltsstoffe ist Sauerstoff, der von aussen vorwiegend in Form von Luft dem System zugeführt wird. Der Sauerstoffverbrauch ist oberhalb des kritischen Sauerstoffpartialdruckes streng mit dem Abbau der übrigen Substrate gekoppelt [5], das heisst der Sauerstoffverbrauch ist oberhalb der kritischen Grenze überwiegend eine Funktion der Fracht (neben Zusammensetzung der Biomasse, Temperatur usw.).

Bläh- und Schwimmschlamm treten dann auf, wenn die spezifische Fracht, also die Schlammbelastung, einen bestimmten Wert über- oder unterschreitet. Als Regelgrösse setzt man daher den Quotienten Sauerstoffverbrauch pro Trockensubstanz der Biomasse, das heisst den spezifischen Sauerstoffverbrauch, ein. Mess- und Regelungstechnik sowie Anwendungsmöglichkeiten des spezifischen Sauerstoffverbrauchs als Regelgrösse sind von verschiedenen Autoren beschrieben worden [1, 2, 3, 6], so dass auf die Wiederholung einer detaillierten Anwendungstechnik verzichtet werden kann.

Als weitere Regelgrössen, die sicher einer näheren Untersuchung wert sind, sind die spezifische CO_2-Entwicklung und der Respirationsquotient zu erwähnen.

Alle diese Regelsysteme erfordern für die Kompensation von Belastungsschwankungen eine gewisse Menge an Reserveschlamm. Damit stellt sich das Problem einer geeigneten Lagerung derselben, um Aktivitätsverluste zu verhindern.

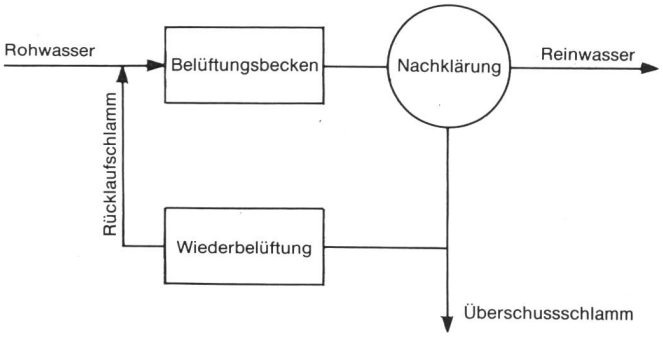


Bild 4. Belebtschlammverfahren mit Rücklaufschlammbelüftung.

Belebtschlammverfahren mit Rücklaufschlammbelüftung

Eine Variante des klassischen Belebtschlammverfahrens ist das Belebtschlammverfahren mit Rücklaufschlammbelüftung, kurz Kontaktschlammbiologie genannt (in den USA unter dem Namen Contact Stabilization Activated Sludge Process bekannt). Wie bei allen biologischen Reinigungsverfahren wurde auch die Kontaktschlammbiologie praktisch eingesetzt, bevor man weder deren Konzept erklären noch die Mechanismen verstehen konnte.

Die Kontaktschlammbiologie unterscheidet sich verfahrenstechnisch von der konventionellen Belebtschlammtechnik nur dadurch, dass der Rücklaufschlamm nicht direkt vom Nachklärbecken in das Belebungsbecken zurückgeführt wird, sondern vorher noch einer Zwischenbelüftung in einem separaten Belüftungs- oder Stapelbecken ausgesetzt wird (Bild 4). Diese Zwischenbelüftung beeinflusst den Belebtschlamm erfahrungsgemäss in folgenden Punkten:

1. Der Belebtschlamm wird bereits vor dem Eintritt ins Belüftungsbecken auf aerobe Zustände konditioniert, denn während seiner Aufenthaltszeit in der Nachklärung zwecks Sedimentation ist er weitgehend anaeroben Bedingungen ausgesetzt.
2. Die durch den Kontakt mit dem Abwasser im Belüftungsbecken teilweise nur adsorptiv am Schlamm gebundenen Schmutzstoffe können in der Wiederbelüftung weiter abgebaut werden, wodurch die Schlammflocken für erneute Adsorption im Belebungsbecken entsprechend besser «vorgereinigt» werden.
3. Die Schlammeigenschaften (Schlammvolumen, Schlammindex und CST-Wert), die durch Störstoffe und/oder Belastungsschwankungen verschlechtert werden, können durch die Wiederbelüftung stabilisiert werden. Dadurch können negative Beeinträchtigungen in der Nachklärung weitgehend eliminiert werden.

Den schlammstabilisierenden Effekt des Contact Stabilization Activated Sludge Process ist seit den Anfängen dieser Belebtschlamm-Variante bekannt und immer wieder bestätigt worden, ohne dass dafür eine fundierte, zufriedenstellende Erklärung vorlag [1, 2, 4]. Erst durch eine kürzlich erschienene Arbeit [4] konnte diese Lücke geschlossen werden. Darin wird aufgrund eingehender Versuche festgestellt, dass bei ungünstigem C–N–P-Verhältnis und/oder bei hohem Gehalt an schnell assimilierbarem Kohlenstoff und weniger schnell verwertbaren Stickstoffkomponenten und durch ungenügende Sauerstoffversorgung – die oft als Folge leicht assimilierbarer Substanzen eintritt – die Mikroorganismen mit der Bildung zum Teil artspezifischer Reservestoffe reagieren. Die Phänomene, welche die Bildung dieser Reservestoffe bewirken, sind identisch mit denen, die zur Bläh- und Schwimmschlammbildung führen.

Weiter konnte gezeigt werden, dass der schlammstabilisierende Effekt der Kontaktschlammbiologie im Abbau dieser Reserve- oder Speicherstoffe in der Wiederbelüftungsphase begründet liegt.

Das Zwischenbelüftungsbecken erfüllt daher nicht nur die Funktion der Schlammstapelung für Regeleingriffe, sondern es zeigt zusätzliche, positive Einflüsse auf die Belastbarkeit des Belebtschlammes und auf dessen Sedimentationseigenschaften.

Zusammenfassung

Der Beitrag gibt einen allgemeinen Überblick in die Stoffwechselaktivität des Belebtschlammes. Ebenso werden die verschiedenen Methoden zur Erfassung von Belastungsänderungen im Zulauf zu Kläranlagen und im Belebungsbecken diskutiert. Als notwendige Komponente in Regelsystemen zur Kompensation von Belastungsschwankungen werden Schlammstapelbecken erwähnt, die aber ihre Funktion nur erfüllen können, wenn die Aktivität des Reserveschlammes erhalten bleibt. Daher wurde die Kontaktschlammbiologie mit ihren positiven, schlammstabilisierenden Effekten vorgestellt.
Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen von praktikablen und sinnvollen Eingriffsmöglichkeiten für die Prozessführung in Kläranlagen.

Es ist sicher nicht abwegig, wenn in Zukunft in biologischen Prozessen, wie sie Kläranlagen darstellen, die Biologie etwas näher ins Zentrum der Prozesstechnologie gerückt wird.

Adresse des Verfassers: Dr. *Anton Hasenböhler*, in Firma Sulzer AG, Wasser- und Abwassertechnik, Forschung und Entwicklung, 8401 Winterthur.

Literatur
[1] *Gnieser, J.* «Wochenblatt für Papierfabrikation» *105*, 22, 862–868 (1978)
[2] *Gnieser, J.* «Chemische Rundschau» Nr. 6 (1978)
[3] *Gnieser, J. «Gas – Wasser – Abwasser» 591*, 51–54 (1979)
[4] *Morfaux, J.-N., Touzel, J.-P., Olivet, R.* und *Albagnac, G.* «L'eau et l'industrie» *38*, 69–79 (1979)
[5] *Reuss, M. und Gnieser, J.* «Grundl. Landtechnik», *28*, 54–59 (1978).
[6] *Schlegel, S.* «Korrespondenz Abwasser» *12*, 371–376 (1977)

Mitteilungen verschiedener Art

Kurse und Tagungen

X. Internationale Konferenz für Boden- und Felsmechanik

Vom 15. bis 19. Juni findet in Stockholm (Schweden) die X. Internationale Konferenz für Boden- und Felsmechanik statt. Auskünfte erteilt das Sekretariat der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

VSA-Kurse über Kanalisationstechnik

Unter dem Patronat der ständigen Wasserwirtschaftskommission (WAKO) der einschlägigen Fachverbände führt der Verband Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA) weitere Fortbildungskurse für Ingenieure und Naturwissenschafter durch, nachdem der Ausschreibung des vierten derartigen Kurses ein grosser Erfolg beschieden war.
Unter der Leitung von *Bernhard Jost* (Zürich) erhalten Fachleute der Abwassertechnik während dreier Tage die Gelegenheit, Vorträge zu hören und über aktuelle Probleme der Kanalisationstechnik zu diskutieren.
Der nächste Kurs findet vom 21. bis 23. Mai 1980 (bereits ausgebucht), ein weiterer vom 14. bis 16. Januar 1981 statt.
Interessenten erhalten weitere Informationen durch das Sekretariat des VSA, Rütistrasse 3, 5400 Baden, Telefon 056 22 85 28.

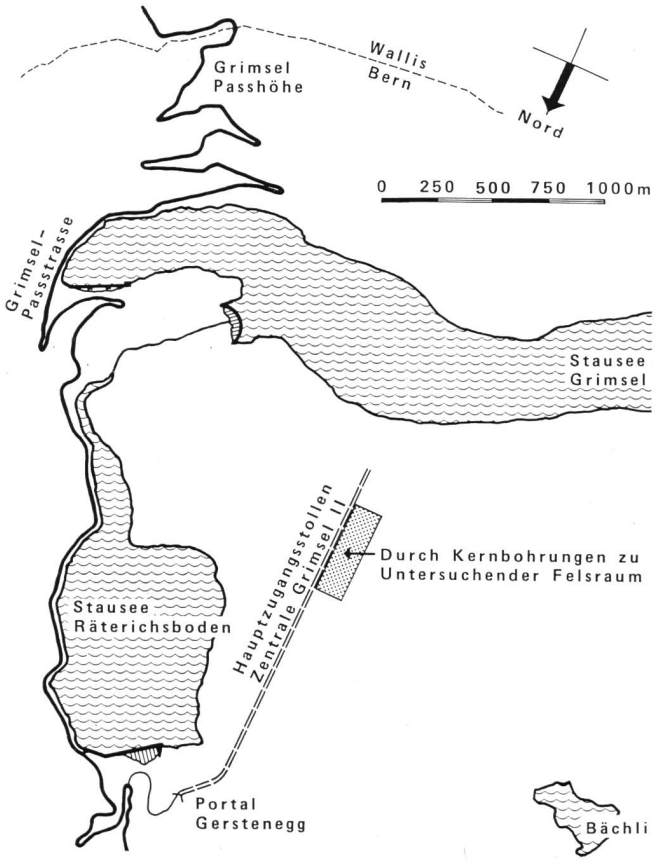
Informationstagung über Wärmerückgewinnung mit Carrier-Kaltwassermaschinen

Kürzlich vermittelte die Firma Hoval Herzog AG, 8706 Feldmeilen, über 120 Fachleuten der Klima-Branche die Grundlagen in der Anschinen. Es wurden Möglichkeiten gezeigt, wie auch bei der Kaltwassererzeugung Energie gespart werden kann.

Conception globale de l'énergie

L'heure est à la conception globale de l'énergie, dont le rapport final vient d'être soumis à une large consultation. Qu'est-ce que la CGE (GEK) et quel est son rôle pour notre approvisionnement énergétique futur? Pour aider tous ceux qui le désirent, à mieux répondre à ces questions, l'OFEN (Office fédéral de l'énergie, Case postale 2649, 3001 Berne, tél. 031 61 56 11) met à leur disposition trois nouveaux dossiers d'information:
1. *La GEK: montage audio-visuel;* 81 clichés noir/blanc et couleurs, cassette enregistrée, guide imprimé; durée 27 minutes, français/allemand.
2. *La GEK: série de transparents;* 57 vues pour rétroprojecteur, format A4, noir/blanc, sous forme d'exposé sur le rapport final de la commission de CGE, français/allemand.
3. *Energie;* Série de clichés, guide imprimé pour alimenter le commentaire, en 4 sections (généralités; l'approvisionnement énergétique de la Suisse; économiser; solutions de remplacement) français/allemand.

Energiewirtschaft

Nagra plant Vorabklärungen für ein unterirdisches Felslabor auf der Grimsel

Die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) will diesen Winter Vorabklärungen für einen allfälligen späteren Bau eines unterirdischen Felslabors auf der Grimsel aufnehmen. Dazu sollen von einem Zugangsstollen der KWO (Kraftwerke Oberhasli AG) aus vier bis sechs zirka 100 m tiefe horizonta-