

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 19

Artikel: Behandlung und Reinigung von industriellen Abwässern
Autor: Mosmann, C.E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-54046>

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: 03.12.2025

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

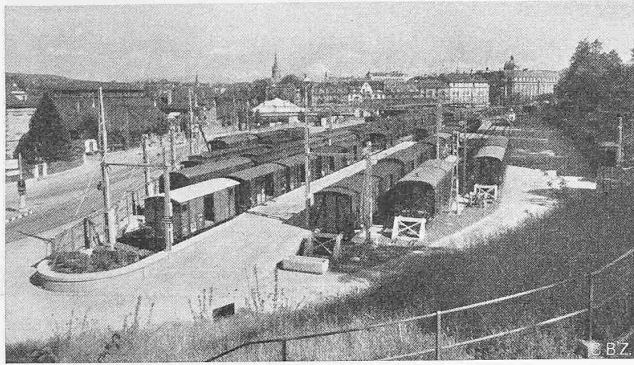


Abb. 7. Neue Eilgutanlage im Nordkopf des Bahnhofs Bern, aus Nordwest. Photo Boner, Bern. Bew. 6024 lt. BRB 3. X. 39

hier zur Darstellung kommen sollen. Für heute möchten wir uns darauf beschränken, einige Stellen aus der Ansprache bekanntzugeben, die Kreisdirektor Ing. C. Lucchini (Luzern) bei der Einweihungsfeier in Solothurn gehalten hat. Wir tun es besonders gern, weil Lucchini den schlichten, von aussen gesehen unbedeutenden Anlass dazu benützt hat, nicht nur Grundsätzliches über die Zukunftsaufgaben der SBB anzutönen, sondern weil er es verstand, die technische Arbeit der ihm unterstellten Verwaltung in das grosse Ganze einzubeziehen und dadurch die Bedeutung der verantwortungsbewussten Kleinarbeit ins Licht zu rücken. Als guter Eidgenosse sieht er sein Werk auch nicht nur technisch, sondern in seiner menschlichen, ort- und geschichtsverhafteten Funktion. Und hier wiederum bleibt er nicht in der Beschaulichkeit stecken: Solothurner und Schweizer, Techniker und Politiker schaffen wie früher, so auch heute und in Zukunft nicht nur um ihrer selbst willen, sondern auch für die andern. Dies von einem prominenten Techniker schön gesagt zu hören, wird seine Kollegen erfreuen und in ihrer Arbeit stärken!

Red.

Durch die Elektrifikation der wenigen noch verbleibenden dampfbetriebenen Linien vervollständigen die SBB ein Werk, das die Zustimmung der weit überwiegenden Mehrheit des Schweizervolkes gefunden hat und findet. Der heutige Krieg hat in dieser Beziehung volle Klarheit und Einstimmigkeit geschaffen.

Gleichzeitig, von Optimismus und Vertrauen in die Zukunft getragen und geleitet, trifft die Geschäftsleitung der SBB alle Vorkehrungen, um für die Nachkriegszeit gerüstet und bereit zu sein. Darum die gewaltigen Anstrengungen, wie sie im Voranschlag der Bundesbahnen zum Ausdruck kommen und die alle darauf gerichtet sind, die Leistungsfähigkeit des uns vom Lande anvertrauten Eisenbahnapparates zu erhöhen, d. h. den Zeiterfordernissen anzupassen. In diesem «Bereitsein» erblicken wir die einzige Möglichkeit, einigermassen die vielseitigen Eisenbahnprobleme der mit Kriegsende anbrechenden neuen Zeitepoche zu meistern. Nicht nur die Autokonkurrenz wird einsetzen, sondern auch der Wettbewerb der ausländischen Bahnen; diesem Gefahrmoment für die weitere Entwicklung und die Prosperität des Landes wollen wir unsere volle Aufmerksamkeit schenken und der Gefahr mit voll ausgebauten durchgehenden Linien entgegenreten und die Stirne bieten. Dabei hoffen wir bestimmt, das Schweizervolk gebe uns die Chance, mit einem sanierten Unternehmen die neue Aera anzutreten.

Wenn die Bundesbahnen selber Festobjekt sind, wie dies ja bei den neu elektrifizierten Linien der Fall ist, gibt dies dem Feste auch seine eidgenössische Note. Gibt es aber eine Stadt in der Schweiz, die eidgenössischer wäre als Solothurn, diese Stadt, die in ihren Gemarkungen auf alter römischer Siedlung alemannische, französische und italienische Kultur harmonisch vereinigt und damit das Wesen der Eidgenossenschaft verkörpert?

In ihrer Geschichte ist die Stadt Solothurn auch das Urbild der humanitären Schweiz mit ihrer traditionellen Schieds- und Friedenspolitik im tragischen Weltgeschehen unserer Tage. Erinnern wir uns nur an drei geschichtlich bezeugte Tatsachen: Im Jahre 1318 bei der Belagerung der Stadt durch Herzog Leopold von Oesterreich retteten die Solothurner ihre Feinde unter eigener Lebensgefahr aus den Fluten der Aare, verpflegten sie und brachten sie ins feindliche Lager zurück. «Noblesse oblige» sagte sich damals der Herzog und brach die Belagerung ab. Zwei Jahrhunderte später war es wiederum Solothurn, das Anlass gab zur Intervention von Bruder Klaus und zum Schiedspruch der

Tagsatzung zu Stans, eine Episode von überragender historischer Bedeutung für die Schweiz. Kurz darauf war es die edelmütige Tat von Bürgermeister Wengi, dessen Name zum Inbegriff eidgenössischen Brudersinnes geworden ist.

Lassen Sie mich in diesem Zusammenhang daran erinnern, dass Solothurn in der bewegten Eisenbahngeschichte unseres Landes immer eine schiedliche und friedliche Rolle gespielt hat im harten Interessenkampf des letzten Jahrhunderts. Möge Solothurn diese hehre Mission auch in den künftigen verkehrspolitischen Auseinandersetzungen zu Nutz und Frommen unserer Heimat ausüben!

Als Direktor des zweiten Bundesbahnkreises sei es mir ferner gestattet, hier hervorzuheben, dass ein Solothurner Bürger, der ehemalige solothurnische Kantonsingenieur und Regierungsrat Hermann Dietler, später verdienter Gotthardbahn-Direktor, es war, der den Weltruf der Gotthardbahn als bestgeführtes Bahnunternehmen begründet hat. Wenn ich des Solothurners Dietler ehrend gedenke, so gebührt diese Ehre gerade beim heutigen Anlass auch dem bernischen und schweizerischen Staatsmann und Verkehrspolitiker grossen Formates, Jakob Stämpfli. Er hat ja seine Jugendjahre in jener Gegend verbracht, die die heute elektrifizierte Linie Solothurn-Busswil durchzieht. Durch sein Einstehen für die Nationalbahn hat Stämpfli auch indirekt den Bau der Linie Busswil-Solothurn bewirkt. Beide, Dietler und Stämpfli, waren überzeugte Vorkämpfer des in den SBB verwirklichten Staatsbahngedankens und beide verkörpern auch die enge Verflochtenheit der bernischen und solothurnischen Verkehrsinteressen und Eisenbahnbestrebungen.

Hochgeschätzte Anwesende!

So wie der elektrische Funke die schwere Masse der Materie in Bewegung zu setzen und zu meistern vermag, so ist es auch der Geist des wahren Menschentums, der Geist der Freiheit, der die rohe Macht und die Gewalt der Tyrannei in die Schranken weist. In diesem Sinne möge auch diese jüngste Elektrifikation den bessern Morgen symbolisieren, der nun nach einem wahrhaft apokalyptischen jahrelangen Kampf für die ganze Völkerfamilie anbrechen möge in Friede und Freiheit.

Und gleich wie die elektrische Energie die schweren Lasten der Personen- und Güterzüge unseres Landes bewältigt, so möge auch die Vaterlandsliebe uns dazu befähigen, die Lasten für unsere Landesverteidigung willig zu tragen, so wie es das Schweizervolk auch heute noch im sechsten Jahre des Aktivdienstzustandes ebenso einmütig tut wie in den denkwürdigen Tagen des August 1914 und des September 1939. Gruss und Dank diesem Volke unter den Waffen, dass es uns ermöglicht hat, das Friedenswerk der Elektrifikation Herzogenbuchsee - Solothurn - Busswil zu schaffen!

C. Lucchini

Behandlung und Reinigung von industriellen Abwässern

Von Dr. chem. C. E. MOSMANN, Meilen

Viele industrielle Betriebe sind nicht nur Grosskonsumenten von Wasser, sondern tragen leider auch sehr zur Verschmutzung der Vorfluter bei, indem sie stark verunreinigte Abwässer abstossen.

Natürlich liegt es im Bestreben jeder industriellen Anlage, ihr Abwasser einfach in das Kanalsystem der Stadt oder Gemeinde, oder, wo solche Sammelleitungen nicht bestehen, in das nächstliegende Gewässer leiten zu können, ohne sich um die Reinigung solcher Abwässer kümmern zu müssen. Solange industrielles Abwasser nur einen bescheidenen Anteil des Gesamtzulaufes einer zu planenden Kläranlage darstellt, ist meist gegen eine Mischung von häuslichem und industriellem Abwasser wenig einzuwenden. Immerhin dürfte es gerade bei unseren schweizerischen Industrie- und Siedlungsverhältnissen oft der Fall sein, dass industrielle Betriebe mehr Abwasser in den Vorfluter abgeben als die Gemeinde, in deren Einzugsgebiet diese Industrien liegen. Ja es ist leicht denkbar, dass eine Kläranlage für eine Gemeinde nur deshalb zur dringenden Notwendigkeit wird, weil die Verschmutzung der Gewässer durch die ortsansässigen Fabriken soweit fortgeschritten ist, dass diesem Uebelstand abgeholfen werden muss.

Einige ganz willkürlich herausgegriffene Beispiele mögen zeigen, wie sehr die industriellen Betriebe mengenmässig zur Verschmutzung von Vorflutern beitragen können. Nimmt man erfahrungsgemäss festgelegte, ungefähre «Einwohnergleichwerte» für industrielle Abwässer zu Hilfe, so ergibt sich, dass das Abwasser eines Schlachthofes einer Stadt mit 100 000 Einwohnern die Kläranlage mit 15 bis 20 % belasten kann. Eine Gerberei, die täglich 10 t Häute verarbeitet, kommt je nach dem Gerbverfahren

ren im Verschmutzungsgrad der anfallenden Abwässer einer Gemeinde von 10 000 bis 40 000 Einwohnern gleich. Bleichereien, die im Tag 50 t Ware durchsetzen, verschmutzen einen Vorfluter etwa im selben Masse wie eine Ansiedlung von 15 000 Menschen. Brauereien, Brennereien, Färbereien, Sulfitzellstofffabriken ergeben oft noch viel schlimmere Verschmutzungsverhältnisse der öffentlichen Gewässer durch ihre Abwässer.

Soll also für eine Gemeinde mit lokalen Industrien eine Kläranlage entworfen werden, so stellt sich für den projektierenden Ingenieur die wichtige Frage: Mischung der industriellen Abwässer mit häuslichen in einer zentralen Kläranlage, teilweise getrennte Behandlung dieser beiden Abwassergattungen, oder vollständig getrennte Kläranlagen für kommunales und industrielles Abwasser.

Diese Frage kann nur auf Grund einer sorgfältig durchgeführten Untersuchung der Abwässer beantwortet werden.

Industrielle Abwässer haben nämlich eine recht mannigfache Zusammensetzung. Man kann ruhig sagen, dass nicht einmal gleiche Betriebe in verschiedenen Teilen unseres Landes gleich zusammengesetzte Abwässer erzeugen. Beim häuslichen Abwasser liegen die Verhältnisse viel einfacher; der projektierende Ingenieur darf ohne weiteres gewisse Mittelwerte der Verschmutzung des häuslichen Abwassers, auf Einwohner und Tag, seinen Berechnungen zu Grunde legen. Man wäre aber schlecht beraten, solche verallgemeinernde Annahmen für industrielle Abwässer machen zu wollen, und würde sich dadurch den grössten Ueberraschungen bei der späteren Inbetriebsetzung einer auf solcher Basis gebauten Kläranlage aussetzen.

Die Behandlung von Abwässern aus Industrien erfordert wenigstens teilweise andere Gesichtspunkte als die Reinigung von häuslichem Abwasser. Darauf soll im Folgenden kurz hingewiesen werden.

Die Verunreinigungen industrieller Abwässer setzen sich aus anorganischen und organischen Bestandteilen zusammen; sie bestehen je nach der Art des Betriebes aus Giftstoffen, Säuren, Laugen, die die Fauna und Flora des Vorfluters gefährden, ja sogar Keime für Krankheiten für Mensch und Tier bilden können. Weiterhin gehören zu diesen Verunreinigungen Farbstoffe, die vielleicht an sich im Abwasser keine ausgesprochene schädliche Wirkung ausüben, aber doch dem Vorfluter nicht ohne eine vorherige Behandlung beigelegt werden sollten. Ferner sind mannigfache Rückstände aus den verschiedensten Fabrikationsprozessen zu nennen, die in Fäulnis übergehen, dabei lästige Gasentwicklung zur Folge haben und die Flussläufe durch Sauerstoffentzug und Verschlammung gefährden. Auch mineralische Stoffe, wie z. B. Abgänge in den Abwässern von Kohlengruben, Bergwerken, Walzwerken und Metallfabriken, üben in bestimmten Konzentrationen einen verheerenden Einfluss auf das biologische Leben des Vorfluters aus.

Es ist überaus wichtig, dass für Kläranlagen, die zur Reinigung von industriellen Abwässern dienen sollen, die Zusammensetzung dieser Abwässer genau festgelegt wird. Zu diesem Zweck ist es meistens angezeigt, innerhalb eines Betriebes die einzelnen Abwassersorten mengenmässig und analytisch zu erfassen. Um aber eine solche Inventarisierung der Abwässer eines Betriebes vornehmen zu können, ist es notwendig, dass dem projektierenden Ingenieur und seinem chemischen Mitarbeiter die Einsichtnahme in die Fabrikationsverhältnisse vertrauensvoll ermöglicht wird. Oft kommt dabei die Tatsache zum Vorschein, dass die Betriebsleitung gar nicht genau über die Menge, die Zusammensetzung und die allfälligen Wiederverwendungsmöglichkeiten der Abwässer, die auf den einzelnen Fabrikationsstufen anfallen, orientiert ist. Grosse Sorgfalt ist schon auf die Probeentnahme der Abwässer zu legen. Besonders wichtig ist es gerade für die Probeentnahme, genau über den Charakter des zu untersuchenden Abwassers orientiert zu sein. Stoffliche Änderungen können sich schon beim Stehenlassen der Abwasserproben ergeben und die Wasseranalyse würde somit ein falsches Bild zeitigen, wenn nicht vorsorgliche Massnahmen getroffen worden sind, um die Proben richtig zu konservieren.

Dass Untersuchungen solcher Art Angelegenheit eines auf diesem Gebiet bewanderten Chemikers sein muss, dürfte nicht besonders betont werden müssen.

Wenden wir uns der Behandlung und Reinigung solcher industrieller Abwässer zu, so muss in erster Linie dafür gesorgt werden, dass Substanzen, die wertvolle Stoffe darstellen, aus den Abwässern herausgenommen werden, auch in den Fällen, wo man die industriellen Abwässer in das Kanalsystem einer Stadt oder Gemeinde abgeben kann. Unter allen Umständen müssen aber auch alle jene Verunreinigungen aus dem Abwasser entfernt werden, die Leitungen und Bauteile einer Kläranlage verstopfen oder angreifen könnten oder das bakterielle Leben im

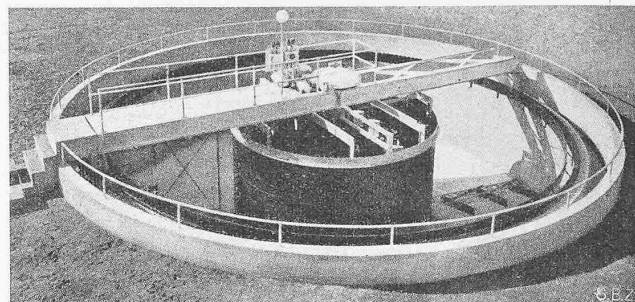


Abb. 1. Dorr-Klärbecken mit zentral angeordnetem Flockulator-Einbau. Man erkennt die gezahnte Ueberlaufrinne (der schwarze Reif) zur Erzielung eines gleichmässigen Abflusses

biologischen Teil der Kläranlage erschweren, ja sogar verunmöglichen. Zu diesen Verunreinigungen gehören Säuren, korrodierende Salze in den Abwässern von Beizereien und Metallverarbeitungswerken, Rückstände aus Farbstofffabriken. Aber auch Fasern aus Zellstoff- und Papierfabriken, Kohlen Schlämme, Teerrückstände, Mineralölabfälle, Wollfett, Phenole usw. sollten auch bei gemeinsamer Verarbeitung der industriellen Abwässer mit kommunalem Abwasser vor der Einleitung in das Kanalsystem entfernt werden. Für bakterielle Reinigungsanlagen sind Chrom-, Arsen- und Kupfersalze schädlich. Auch können Abwässer mit hohem Gehalt an Eisensalzen und Chlor die Entwicklung der Lebewesen in biologischen Reinigungsanlagen verhindern oder stören.

Oft fallen in ein und derselben Fabrik sowohl saure, als auch alkalische Abwässer an, sodass bei richtiger Erfassung der einzelnen Abwasserströme im Betrieb schon eine teilweise, wenn nicht vollständige Neutralisation dieser Wässer möglich wird; sonst wird man zu den gebräuchlichen Hilfsmitteln, wie gelöschtem Kalk oder Kalkmilch, greifen, um saure Fabrikabwässer zu neutralisieren. Man sollte, wenn immer möglich, die Abstumpfung der sauren Wässer so leiten, dass sich eine maximale Menge auch der kolloidal gelösten Verunreinigungen als grobflockiger Niederschlag ausscheidet. Es erhöht sich somit die Klärwirkung des Absetzbeckens und gleichzeitig steigt der Reinigungseffekt der ganzen Kläranlage.

Die Zugabe von Chemikalien zum Abwasser, sei es zur Neutralisation oder zum Ausfällen eines schädlichen, im Abwasser gelösten Salzes, erfordert stets eine gründliche Planung. Die Einhaltung des als wünschenswert gefundenen pH-Bereiches ist nämlich nur dann gewährleistet, wenn Abwasseranfall und Dosierung der chemischen Substanz genau aufeinander abgestimmt sind. Jegliche Schwankung im Zulauf des Abwassers soll auch automatisch eine entsprechende Korrektur in der Zugabe des Neutralisierungs- und Fällungsmittels nach sich ziehen. Die schweizerische Industrie ist in der glücklichen Lage, dem projektierenden Abwasser-Ingenieur eine ganze Reihe von einschlägigen Kontrollapparaten, Messinstrumenten u. dgl. zur Verfügung stellen zu können.

Auf einen wesentlichen Punkt möchte ich hier noch hinweisen, der vielfach übersehen wird. Handelt es sich nur darum, ein saures Abwasser zu neutralisieren, sei es durch abgestimmtes Mischen von alkalischem mit saurem Abwasser, oder durch Kalkmilchzusatz, wird man ein möglichst intensives Mischen dieser Bestandteile durch mechanische Mittel anstreben. Ein Turbomischer oder eine Zentrifugalpumpe kann hier ausgezeichnete Dienste leisten. Fallen aber bei derartigen Neutralisations- und Fällungsvorgängen nicht nur grobkristalline Niederschläge an, wie z. B. Gips oder Calciumkarbonat, sondern scheiden sich auch kolloidal gelöste Bestandteile des Abwassers als Feinflocken aus, so darf die Intensivmischung nur auf ein ganz bestimmtes Zeitintervall beschränkt werden, gerade lange genug, um die innige Mischung der Fällungsmittel, bzw. Neutralisationssubstanzen zu gewährleisten. Man muss daran anschliessend den sich manchmal langsam bildenden Flocken Gelegenheit geben, ihre elektrische Entladung zu beenden, d. h. sich zusammenzuballen; denn dadurch erreichen sie vor dem Eintritt in das Klärbecken eine hohe Sinkgeschwindigkeit. Eine Zentrifugalpumpe oder ein rasch drehendes Rührwerk kann dieser Flockenbildung mehr schaden als nützen, da die sich bildenden Flocken sehr leicht wiederum zerstört werden können und der Kläreffekt des Absetzbeckens dadurch empfindlich erniedrigt wird. Man muss also eine Differenzierung des Misch- bzw. Rührvorganges in zwei deutlich getrennte Stufen vornehmen und dafür jeweils die zweckmässige Apparatur auswählen. Die Flockenbildung wird

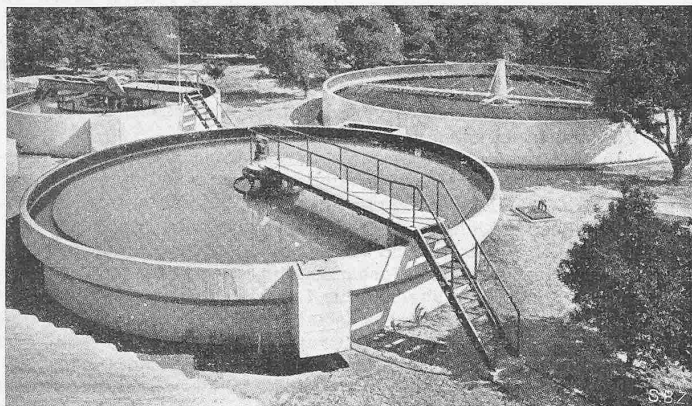


Abb. 2. Vollbiologische Kläranlage. Links vorn Rundklärbecken, rechts hinten hochbelasteter Tropfkörper, links im Hintergrund Nachklärbecken mit eingebautem Flockulator

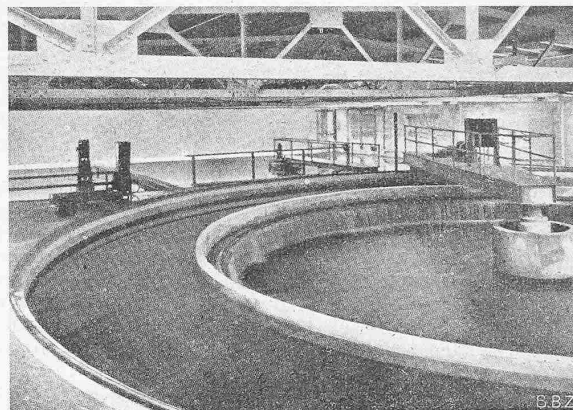


Abb. 3. Abwasser-Reinigungsanlage in einer Papierfabrik. Links im Hintergrund die zwei automat. Dosiervorrichtungen für Aluminiumsulfat, dahinter das Rührwerk, vorn Dorrklärbecken mit Magnetitfilter

durch langsames Umwälzen der behandelten Abwässer gefördert und sog. Flockulatoren haben sich für diese Stufe der Abwasserbehandlung sehr bewährt (Abb. 1).

Werden industrielle Abwässer in eigenen Reinigungsanlagen behandelt, ergeben sich im grossen und ganzen ähnliche Trennstufen wie in einer kommunalen Kläranlage. Abwässer, die viel Erdteilen und Sand mit sich führen, wie dies z. B. in den Schwemmwässern der Zuckerfabriken der Fall ist, leitet man zuerst durch geeignete Sandfänge. Fasern, Haarteile und ähnliche Stoffe neigen sehr zum Verstopfen von Leitungen, Absperrorganen usw. und müssen deshalb entfernt werden. Rotierende Siebe leisten hier oft gute Dienste; sie müssen möglichst einfach und robust gebaut sein und dem korrodierenden Charakter der Abwässer standhalten können. Grosse Sorgfalt ist auf die Auswahl des richtigen Feinsiebes und seiner Maschenweite zu legen. Solche Siebe sind mit Selbstreinigungsvorrichtungen ausgerüstet, oder man verwendet zur Reinigung Spritzdüsen mit Druckwasser.

Die Neutralisation oder sonstige chemische Behandlung der industriellen Abwässer erfolgt meist kurz vor dem Absetzbecken, um die teils empfindlichen flockenartigen Niederschläge nicht durch langen Transport wiederum zu zerstören. Fette und Öle sollen ebenfalls vor dem Absetzbecken durch geeignete Trennvorrichtungen aus dem Abwasser herausgenommen werden.

Im Absetzbecken erfolgt eine Trennung zwischen dem vorgereinigten Abwasser und den suspendierten Festteilchen. Diese sinken zu Boden und werden stetig oder intermittierend als Schlamm aus dem unteren Teil des Klärbeckens ausgetragen. Schlämme, die infolge ihrer Zusammensetzung keinen Anlass zu Fäulniserscheinungen geben, pumpt man auf Trockenbeete, in Auflandeteiche, oder entwässert sie weiter in mechanischen Anlagen, z. B. mittels Vakuumfiltern oder Zentrifugen. Ob man für diese entwässerten Schlämme noch eine Verwendungsmöglichkeit findet, hängt ganz von den lokalen Verhältnissen ab.

Enthält ein Schlamm noch organische Stoffe, die in Fäulnis übergehen können, so ist er am zweckmässigsten in Faulkammern unter Luftabschluss steril zu machen. Unter Umständen kann solcher Schlamm in bestimmten Prozentsätzen den Faulkammern schon bestehender Kläranlagen beigemischt werden. Es ist aber z. B. bekannt, dass Gerbereischlamm den Faulprozess von häuslichem Abwasser mit steigendem Zusatz stark verzögert. Für Gerbereien ist es deshalb angezeigt, den anfallenden Schlamm in frischem Zustande möglichst rasch, unter Verwendung von Koagulationsmitteln, weitgehend zu entwässern und das erhaltene Produkt entweder zu verbrennen oder heiss zu kompostieren. Zugabe von ausgefautem häuslichem Schlamm zum frischen Gerbereischlamm übt einen günstigen Einfluss auf seine mechanische Entwässerung aus.

Die bisher besprochenen Methoden, nämlich zweckmässige Einstellung des optimalen pH-Wertes zur Neutralisation und Fällung gelöster schädlicher Verunreinigungen durch geeignete Apparate zur Entfernung von festen Bestandteilen, ermöglichen schon an sich eine weitgehende Reinigung der industriellen Abwässer. Immerhin bleibt noch die sehr wichtige Aufgabe zu lösen übrig, das aus dem Absetzbecken kommende vorgeklärte Abwasser noch von denjenigen Stoffen zu befreien, die in Fäulnis übergehen könnten und dadurch dem Vorfluter einen Teil seines Sauerstoffes entziehen würden. Die meisten industriellen Abwässer enthalten solche Verunreinigungen, nicht nur Abwässer

aus Betrieben der Nahrungsmittelbranche, wie z. B. Molkereien, Brauereien, Zuckerfabriken, Stärkefabriken, Brennereien und Konservierungsanlagen, Schlachthöfe, sondern auch solche aus Industrien, die tierische und pflanzliche Stoffe verarbeiten, also Gerbereien, Färbereien, Bleichereien, Wollwäschereien, Zellulose- und Papierfabriken, ferner Fabriken für die Herstellung von Kunstseide- und Holzverzuckerungsanlagen.

Die organischen Verunreinigungen in industriellen Abwässern werden ähnlich wie bei der Reinigung des häuslichen Abwassers durch biologische Eingriffe unschädlich gemacht. Man beschleunigt den Abbau der organischen Stoffe durch tatkräftige Mitarbeit vieler Bakterien und kleiner Lebewesen unter reichlicher Sauerstoffzuführung. Hat man im Laboratorium den Verschmutzungsgrad derartiger industrieller Abwässer bestimmt — den biochemischen Sauerstoffbedarf oder den Kaliumpermanganatverbrauch —, so lassen sich auf Grund des heutigen Standes der Abwassertechnik biologische Reinigungsanlagen berechnen, bauen und betreiben, die für den gewünschten Reinigungsgrad des industriellen Abwassers vollständig genügen.

Für industrielle Betriebe, deren Abwässer getrennt von einer kommunalen Kläranlage biologisch gereinigt werden sollen, haben sich Tropfkörper besonders bewährt. Sie sind, hauptsächlich die hochbelasteten Tropfkörper, weniger empfindlich als Belebtschlammanlagen und zeigen auch unter schwankenden Belastungen grösstes Abbauvermögen. Tropfkörper können auch sehr konzentriertes, sog. «dickes» Abwasser vorteilhaft verarbeiten, weil es möglich ist, durch geeignetes Rückführen eines Teiles des Tropfkörperablaufes das konzentrierte Abwasser zu verdünnen und gleichzeitig eine gleichmässige Beschickung des Tropfkörpers zu gewährleisten. Da der Tropfkörperablauf einen hohen Sauerstoffgehalt aufweist, übt eine Rückführung eines Teiles des Tropfkörperablaufes zum vorgeklärten Rohwasser auf jeden Fall eine günstige Wirkung aus (Abb. 2).

Ueberaus wichtig ist gerade bei der Planung von biologischen Reinigungsanlagen industrieller Abwässer, dass der Blick auf die gestellte Aufgabe nicht verloren geht. Sie soll darin bestehen, dem Vorfluter ein Abwasser zuzuleiten, das dem biologischen Leben des Vorfluters nicht mehr schaden kann; andererseits darf man aber auch keine übermässig hohen Anforderungen an die betroffenen Industrien stellen, sondern es ist für jeden Fall die tragbarste und wirtschaftlichste Lösung der Abwasserreinigung anzustreben. Dass man sich dabei nicht krampfhaft an den Buchstaben des Gesetzes klammern soll, zeigen folgende Beispiele:

Der Ablauf einer Kläranlage für eine grosse englische Papierfabrik ergab stets einen höheren BSB₅-Wert, als nach den englischen Vorschriften für den Vorfluter zulässig war. Trotzdem wurde das Wasser des verhältnismässig kleinen Baches und eines danebenliegenden Kanals in gar keiner Weise beeinträchtigt oder sein Fischleben geschädigt, wenn statt den vorschrittlich verlangten minimalen BSB₅-Gehalten streng darauf geachtet wurde, dass alle kleineren Flöckchen aus dem Abwasser vor seinem Eintritt in den Vorfluter zurückgehalten wurden. Der Ablauf des Klärbeckens hatte nicht mehr als 30 mgr/l Festteilchen, aber immer noch 80 ÷ 90 mgr/l BSB₅. Ein anderes Abwasser aus einer Papierfabrik in Deutschland konnte mittels Tropfkörper kaum gereinigt werden, weil dieses Abwasser zu arm an Bakteriennährstoffen war, als dass sich Lebewesen in genügender Zahl auf dem Tropfkörperinhalt entwickeln konnten. Dieses Abwasser konnte aber ohne Bedenken in den Vorfluter geleitet werden, nachdem

es mit Hilfe von Kalk und Eisensulfat soweit behandelt worden war, dass der Ablauf des Klärbeckens nur noch einen Festgehalt von $4 \div 10$ mgr/l aufwies (Abb. 3).

Für diese und ähnliche Abwässer scheint also in erster Linie nicht der biochemische Sauerstoffbedarf massgebend zu sein, sondern der Gehalt an suspendierten Stoffen und die allgemeine Fäulnisfähigkeit des Wassers, die man leicht mittels der Methylenblauprobe feststellen kann. Es muss aber wiederum betont werden, dass nur eingehende chemische und biologische Untersuchungen in jedem Fall eindeutig darüber Aufschluss geben können, welche Reinigung der zu behandelnden industriellen Abwässer die zweckmässigste ist und welche Anforderungen an eine solche Kläranlage gestellt werden sollen. Wo industrielles Abwasser den kommunalen Kläranlagen zugeführt werden kann, muss man sich Rechenschaft darüber geben, ob diese Anlagen auch solche industrielle Abwässer ohne Einbusse des Kläreffektes übernehmen können.

Biologisch gereinigtes Abwasser muss zuerst noch durch ein Nachklärbecken geleitet werden, bevor es dem Vorfluter beigemischt werden darf. Durch den biochemischen Abbau der organischen Stoffe auf Tropfkörpern oder in Belebtschlamm-anlagen wird nämlich ein sehr wasserreicher Schlamm erzeugt, der meist noch nicht ganz stabil ist und infolgedessen vom Vorfluter ferngehalten werden muss. Man pumpt diesen Nachklärschlamm zusammen mit den im Vorklärbecken ausgeschiedenen Festteilen in einen geschlossenen Faulraum, wo anaerobe Bakterien die weitere Zersetzung besorgen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Ausfäulung dieser Schlämme im alkalischen pH-Bereich vor sich geht, sonst entwickeln sich unangenehme Gase und die Ausfäulung beansprucht eine viel längere Zeit.

Ausgefaulter Schlamm enthält immer noch sehr viel Wasser, ein Umstand, der der wirtschaftlichen Verwendung dieses Materials Schwierigkeiten bereitet. Wo es die lokalen Verhältnisse gestatten, kann Faulschlamm als solcher an die Landwirtschaft abgegeben werden, da er einen geringen Düngewert besitzt. Andere Möglichkeiten seiner Verwendung sind die Aufarbeitung in einen streufähigen Dünger durch mechanische Entwässerung und nachfolgende Heisskompostierung, als Radikalmittel seine Verbrennung zu Asche und Verwendung als Füllmaterial.

Die Projektierung von industriellen Abwasser-Reinigungsanlagen stellt im Gegensatz zu kommunalen Kläranlagen meistens viel grössere Anforderungen an den planenden Ingenieur. Er muss vor allem auch darnach trachten, solche Anlagen organisch und zweckmässig in den meist nur knapp zur Verfügung stehenden Raum einzufügen. Besonders die Anordnung der Absetzbecken mit ihren manchmal recht beträchtlichen Ausmassen kann Kopfzerbrechen verursachen. Hier kann die Wahl von richtig bemessenen Mehrkammer-Klärbecken die ganze Aufgabe wesentlich erleichtern. Gleichzeitig ist es möglich, durch Auswahl der zweckmässigsten Apparatur unnötiges Pumpen der Abwässer und der Schlämme zu vermeiden und dadurch Anlage- und Betriebskosten zu sparen.

Erst eine gemeinsame, erspriessliche Zusammenarbeit zwischen Bauherr, Chemiker, Biologe, Baufachmann und Maschineningenieur gewährleistet die Planung und den Bau von industriellen wie auch kommunalen Abwasserkläranlagen, die in chemischer und technischer Hinsicht einen vollen Erfolg bedeuten.

Wärme- und Feuchtigkeits-Isolation von Flachdächern

Von Dipl. Arch. R. J. HEDIGER, Lausanne

In Heft 14 vom 1. April 1944 (Bd. 123, S. 161*) der Schweiz. Bauzeitung veröffentlicht Ing. Dr. M. Koenig einen interessanten Aufsatz über die Flachdachisolationen. Dazu sehe ich mich veranlasst, einige zusätzliche Betrachtungen anzustellen.

Es seien vorerst die verschiedenen Aufgaben wiederholt, die einem Flachdach obliegen: 1. Festigkeit (Eigengewicht, Winddruck, Schneegewicht oder Nutzlast); 2. Wetterschutz (Regen, Schnee, Wind); 3. Thermische Isolierung (Garantie gleichmässigen Klimas für die Bewohner während der ganzen Jahreszeit, Schutz gegen Kälte, sowie gegen Sonnenbestrahlung). Wenn gleich diese Aufgaben zahlreich und bisweilen gegensätzlich sind, muss doch das Projekt einer Flachdach-Konstruktion unbedingt einer jeden, unter Berücksichtigung ihrer gegenseitigen Abhängigkeit, gerecht werden.

Ohne auf das Prinzip der Kondenswassererscheinung an der inneren oder äusseren Oberfläche des Flachdaches und auf die Feuchtigkeitsdurchdringung der Konstruktionselemente zurückzukommen, da diese bereits im Artikel von Dr. Koenig wiederholt und detailliert in den Arbeiten von Dr. Cammerer zu finden

sind, möchte ich doch daran erinnern, dass wenn schon die Feuchtigkeit in gleicher Richtung wie der Wärmestrom wandert, die Menge der Feuchtigkeit nicht nur von der Grösse des Wärmestromes, sondern u. a. von der Beschaffenheit der betreffenden Baumaterialien abhängig ist, wie Porosität (Form, Grösse und Disposition der Poren), Hygroskopizität, Verdunstungsvermögen, Vorhandensein von Luftschichten.

Eine gewisse Feuchtigkeit in der Konstruktion ist unvermeidlich. Sie kann durch ungenügende Isolation oder durch momentane Uebersättigung der Luft hervorgerufen werden (Dampfentwicklung in Küche, Bad, Waschküche, usw.) oder dann vom Bauen herrühren und im Material enthalten sein. Bisweilen ist sie gerade auf das Vorhandensein einer Luftschicht zurückzuführen und dies obgleich die Luftschicht verschiedentlich als bestes und wirtschaftliches Isolations-Mittel betrachtet worden ist. Cammerer¹⁾ stellt auf Grund von Erfahrungen fest, dass Feuchtigkeit in der Luftschicht eines Flachdaches unvermeidlich ist und zieht daraus etwa folgende Schlüsse: Die Luftschicht soll beidseitig von porösem Material begrenzt sein. Der Beitrag der Luftschicht an die Gesamt-Isolation soll maximal $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ betragen. In der Luftschicht sollen nur feuchtigkeitsbeständige Materialien verwendet werden. Durch Holz begrenzte Luftschichten mit undurchlässiger Schicht (Flachdach) sollen ventiliert sein. Direkte Verbindungen zwischen Luftschicht und Raumluft (Fugen, Dichtungen usw.) sollen verhütet werden, um Kondenswassererscheinungen nicht zu fördern.

Es ergibt sich daraus, dass besonders im Holzbau, wo übermässige Feuchtigkeit Schwammbildung und Fäulnis bewirkt, die Luftschicht als Isolation nicht ungefährlich ist. Es erscheint daher angebracht, sie durch ein geeignetes Isoliermaterial zu ersetzen. Vergleichsweise sei erwähnt, dass eine 5 cm starke Luftschicht im Isoliereffekt gleichwertig ist wie 7 mm Glaswolle, $7\frac{1}{2}$ mm Schlackenwolle oder 9 mm Kork.

Jedes poröse Material enthält, selbst normal-trocken, eine gewisse Feuchtigkeit; sie entspricht seiner natürlichen Hygroskopizität. Da der Feuchtigkeitsgehalt einem Gleichgewichtszustand gegenüber der Umgebung zustrebt, muss der Feuchtigkeits-Ueberschuss, der bei Baubeginn stets vorhanden ist, irgendwie entweichen können. Es bedarf dazu mehrerer Tage, Monate und bei gewissen Materialien sogar Jahre. Die schliesslich noch übriggelassene Feuchtigkeit bedingt dann den Gleichgewichtszustand. Wird dieser gestört, so können Risse und Fugen (Schwinden und Quellen bei Holzteilen) entstehen, Erscheinungen, die uns vor allem in künstlich ausgetrockneten Bauten, und als Folge der Zentralheizung bekannt sind. Die überschüssige Feuchtigkeit, die zur Erhaltung des Gleichgewichts in Richtung des Wärmestroms wandern soll, muss an der Oberfläche verdunstet werden. Die strömende Feuchtigkeitsmenge darf nicht grösser sein, als jene, die die äussere Fläche verdunsten kann.

Wichtig ist ferner, dass für ein und das selbe Bauelement der Wärmestrom seine Richtung ändern kann, je nachdem die warme Seite innen oder aussen sich befindet (Tag und Nacht, Sommer und Winter, Heizungsunterbrechungen). Wohl am empfindlichsten in dieser Beziehung ist das Flachdach, bei dem an der Aussenseite durch Sonnenbestrahlung Uebertemperaturen bis zu 54° auftreten können.

Das Problem ist also ausgedehnter und weniger starr, als es Dr. Koenig betrachtet hat. Seine Empfehlungen, «auf warmer Seite möglichst dichten, auf kalter Seite möglichst offen halten», sind unvollständig. Die Bedingungen, denen «irgend ein Flachdach oder eine Wandkonstruktion» genügen müssen, sollten wie folgt ergänzt werden: Die Isolierung soll stark genug sein, um an der Oberfläche der Konstruktion jegliche Kondenswasserbildung zu unterbinden. Es soll der Feuchtigkeit möglich sein, durch die Konstruktion zu wandern. Beiderseits eines Bauelementes soll eine Verdunstungsmöglichkeit geschaffen werden. Die Luftschichten sollen einen normalen Anteil an der gesamten Isolation nicht überschreiten. Die Luftschichten sollen stets mit porösem Material begrenzt werden. Daraus ergibt sich etwa ein Schema gemäss Abb. 1 (S. 249).

Dazu zwei Beispiele: *Kontinuierlicher Wärmefluss von innen nach aussen:* Befindet sich Feuchtigkeit an der Oberfläche der Decke oder im Innern der Schichten 1 und 2, so wird sie in der selben Richtung wie der Wärmefluss nach der Schicht 3 strömen, wo sie Verdunstungsmöglichkeit findet und evakuiert wird. Sie kann sich nicht ansammeln und den Baumaterialien schädlich sein. *Wärmefluss von innen nach aussen, sodann Umkehrung des Strömungssinnes:* Wenn sich im Zeitpunkt des Strömungswechsels Feuchtigkeit in den Schichten 1 und 2 be-

¹⁾ Cammerer, J. S., Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau, Seite 15 und 16.