

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 26 (1969)

Heft: 1

Artikel: Abwasserreinigungsanlagen im Düsenflugverkehr : am Beispiel des Flughafens München-Riem

Autor: Cramer, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-782955>

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: 17.02.2026

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

Dr.-Ing. F. Cramer, Friedrichsfelder Abwasser- und Verfahrenstechnik GmbH, Mannheim BRD

Abwasserreinigungsanlagen im Düsenflugverkehr

Am Beispiel des Flughafens München-Riem

Allgemeines

Zum erstenmal wurde ein Schnellreaktor zur Reinigung von Flugzeugwaschwasser in der neuen Düsenflugzeughalle in München/Riem eingesetzt. Die Anlage ist seit mehr als drei Jahren in Betrieb und hat somit ihre Funktionstüchtigkeit über eine längere Betriebsperiode erwiesen.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch recht hoch belastete organisch verunreinigte Abwässer (Ausgangs-BSB₅ > 7000 mg/l) mit relativ geringem Chemikalienaufwand (0,99 DM/m³ bzw. 0,15 DM/kg BSB₅) weitgehend voreinigt werden können, so dass sie

- bei geringerem Gesamtanfall (geringe Schmutzfracht) direkt einem Vorfluter zugeleitet,
- bei grösserem Anfall über die Kanalisation der biologischen Stufe einer Kläranlage zugeführt werden können.

Die Investitions- und Betriebskosten zur Beseitigung von 1 kg BSB₅ sind dabei bei den hohen Konzentrationen

geringer als bei niederen Konzentrationen, wo der Hauptkostenfaktor die Energie für eingebrachte Luft und investitionsmäßig das grosse Behandlungsvolumen, das für dieselbe Menge BSB₅ benötigt wird, darstellt.

Aufgabenstellung

Das Waschwasser aus der Düsenflugzeughalle, in der zunächst nur wenige, späterhin immer mehr Düsenflugzeuge mit Spezialwaschmitteln gewaschen werden, soll gereinigt werden.

Die Spezialwaschmittel bestehen aus Mischungen von Wasser, Emulgatoren, Phosphaten, Detergentien, Sulfaten und Kieselsäure. In das Waschwasser gelangen zusätzlich vor allem Oele und Fette neben festen Schmutzteilchen.

Da das abgehende Wasser — mangels eines Kanalschlusses — in einen biologischen Teich gelangt, ist eine besonders sorgfältige Behandlung erforderlich. Auf Grund behördlicher Auflage sollen folgende Werte nicht überschritten werden:

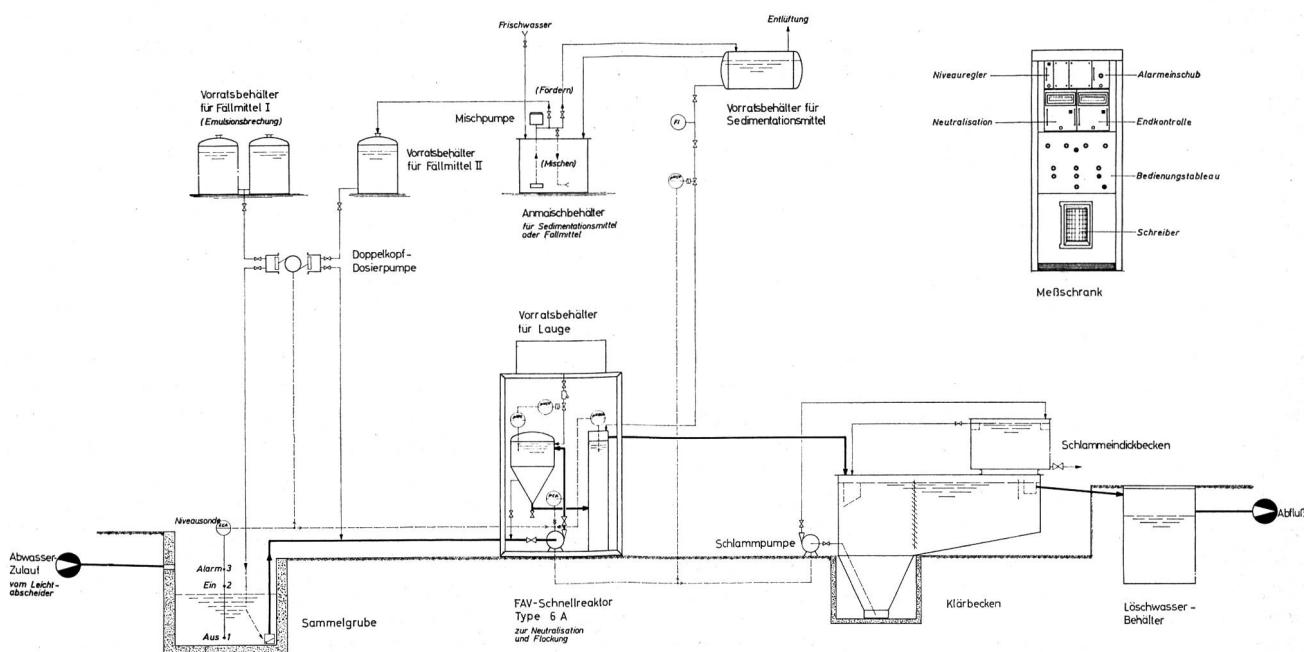


Abb. 1

Fließschema einer Anlage zur gleichzeitigen Emulsionsbrechung, Neutralisation und Flockung von ölhaltigen Waschwässern aus Flugzeug- und Motorfahrzeug-Großwaschanlagen.

Temperatur 30 °C, pH-Wert 7,3 bis 8,0, absetzbare Stoffe (n. Imhoff) 0,3 ml/l, petrolätherextrahierbare Stoffe < 20 mg/l.

Ausser der Reinigung des zurzeit anfallenden Abwassers, das bei der Auslegung auf etwa 2,5 m³/h geschätzt wurde, soll die Anlage auch für späterhin zusätzlich anfallende Abwassermengen bis zu maximal 6 m³/h Durchsatz ausreichen, ohne dass sich der spezifische Energie- und Chemikalienverbrauch pro Kubikmeter Abwasser ändert.

Dafür bot sich das Schnellreaktorsystem an, das nur in Tätigkeit tritt, sobald eine gewisse Wassermenge vorliegt. Nach Behandlung der oft unregelmässig anfallenden Mengen geht das System wieder in Warte- bzw. Bereitschaftsposition.

Vorversuche zeigten, dass eine Emulsionsbrechung im sauren Bereich mit Calciumchlorid möglich war. Bei Anwesenheit von Aluminium ergaben sich bei der unmittelbar nachfolgenden Neutralisation grosse Flocken mit guter Absorptionswirkung. Besonders günstig war, dass sich als ausgezeichneter saurer Demulgatorbestandteil ein Abfallprodukt der Südchemie AG, Moosburg, erwies, das aus einer aluminiumsulfathaltigen Abfallbeize besteht.

Behandlungsstufen (Abb. 1 — Fliessschema)

Die in der Flugzeugwaschhalle anfallenden Abwässer gelangen durch Bodenabläufe in ein Schmutzwasser-kanalsystem, in dem sie der abseits von der Halle in einem gesonderten eingeschossigen Bau (11,50 × 4,50 m, Höhe Dachtraufe: 2,50 über Niveau, Fussboden 1,50 unter Niveau) untergebrachten Behandlungsanlage zugeführt werden. (Abb. 2 — Grundriss und Aufriss der Anlage).

Ein Sandfang mit Grobrechen hält grobe Teile, wie Sand, Schmutz, Putzlappen usw., zurück. Anschliessend läuft das Wasser durch einen Oel- und Benzinabscheider, in dem sich die nichtemulgierten leichten Stoffe abscheiden. Das Oel-Benzin-Gemisch wird regelmässig abgezogen und zur Verbrennung abtransportiert.

Aus dem Leicht-Abscheider fliesst das grob gereinigte Wasser in freiem Gefälle in eine als Reaktorvorlage dienende Grube von rund 12 m³ Fassungsvermögen. In dieser Grube ist eine Niveausonde mit drei Schaltpunkten eingebaut, die beim tiefsten Stand (Punkt 1) die gesamte Reaktoranlage ausschaltet. Sobald das Niveau durch zugelaufenes Wasser die Höhe des Schaltpunktes 2 erreicht hat, springt die Anlage an und arbeitet so lange, bis Schaltpunkt 1 wieder erreicht ist. Schaltpunkt 3 ist lediglich ein Alarmpunkt; bei Erreichen dieses Niveaus wird optischer und akustischer Alarm gegeben, da dann die Gefahr des Ueberlaufens besteht. Die Anlage ist jedoch so ausgelegt, dass im normalen Betrieb und selbst bei grösserer Ueberlastung dieser Punkt nie erreicht wird.

Durch die Niveauschaltung der Punkte 1 und 2 wird erreicht, dass trotz stossweisem, teils stärkerem, teils schwächerem Zulauf immer die gleiche Menge zu behandelnden Abwassers durch den Reaktor fliesst und somit die mengenproportional eingestellten Chemikalienzugaben (ausser Neutralisationsmittel) immer auf etwa gleiche Abwasserverhältnisse treffen, zumal durch die Grösse der Vorlage ein weitgehender Ausgleich in der Belastung erfolgt.

Ueber eine mit Saugkorb ausgerüstete Ansaugleitung wird das Schmutzwasser in den Reaktor eingesaugt.

Im Moment des Anspringens beginnt eine Doppelkopf-Dosierpumpe zu arbeiten und führt dem Abwasserstrom Emulsionsbrecher und Fällungshilfsmittel zu. Dabei wird der Emulsionsbrecher vor dem Saugkorb der Ansaugleitung zugegeben, so dass in dieser und in der Ansaugpumpe bereits eine intensive Mischung und damit Brechung der Emulsion erfolgt. Beim Eintritt in den Reaktor wird der pH-Wert der nunmehr angesäuerten Flüssigkeit mittels einer Elektrode gemessen. Entsprechend dem pH-Wert wird über ein Magnetventil Natronlauge aus dem NaOH-Tank zudosiert und so der Reaktorinhalt neutralisiert. In einem seitlich angebrachten Beruhigungsrohr kontrolliert eine Endkontrollelektrode den pH-Wert. Wenn dieser nicht den vorgeschriebenen Wert hat, schaltet die Anlage ab und gibt Alarm, da dann eine Störung vorliegt (z. B. NaOH-Tank leer). Dadurch wird vermieden, dass das nachfolgende Klärbecken angesäuert wird und dadurch eine Schlammrücklösung erfolgt.

Das — wie beschrieben — chemisch vorbehandelte Wasser tritt aus dem Beruhigungsteil des Reaktors in ein Klärbecken von 12 m³ Nutzinhalt; dies entspricht einer Verweilzeit von zwei Stunden (bei Vollast). Das Klärbecken ist im vordern Teil mit einem Strömungsleitgitter in Lamellenform ausgerüstet. Dadurch entsteht eine Strömungswalze um eine horizontale Achse, in der eine gewisse Schlammmenge umgewälzt wird. Diese Schlammwalze wirkt als Keimballen für den neu ankommenden feinen Schlamm. Durch diesen vergrössern sich die Flocken laufend, bis sie infolge ihrer Schwere in den Schlamsack des Beckens absinken. In der Schlammwalze besteht somit ein Strömungs- und Stoffgleichgewicht, so dass die absinkende Menge schwerer Flocken gleich der zulaufenden Menge leichter Flocken ist. Im Nachklärteil des Beckens sinkt der Restschlamm nach unten und rutscht auf dem schrägen Boden allmählich in den Schlamsack. Da bei Anwesenheit von Oel und Detergentien Schwimmschlamm nicht immer auszuschliessen ist, wurde ein Rückwärtsauslauf mit Schwimmschlamsperre eingebaut. Das geklärte Wasser füllt zunächst ein Katastrophenbecken (Löschwasserbecken) unterhalb des Gebäudes von rund 120 m³ Fassungsvermögen. Der Inhalt dieses Beckens dient als Notreservoir bei Brandfällen. Ueberschüssiges Wasser läuft in einen Vorfluter.

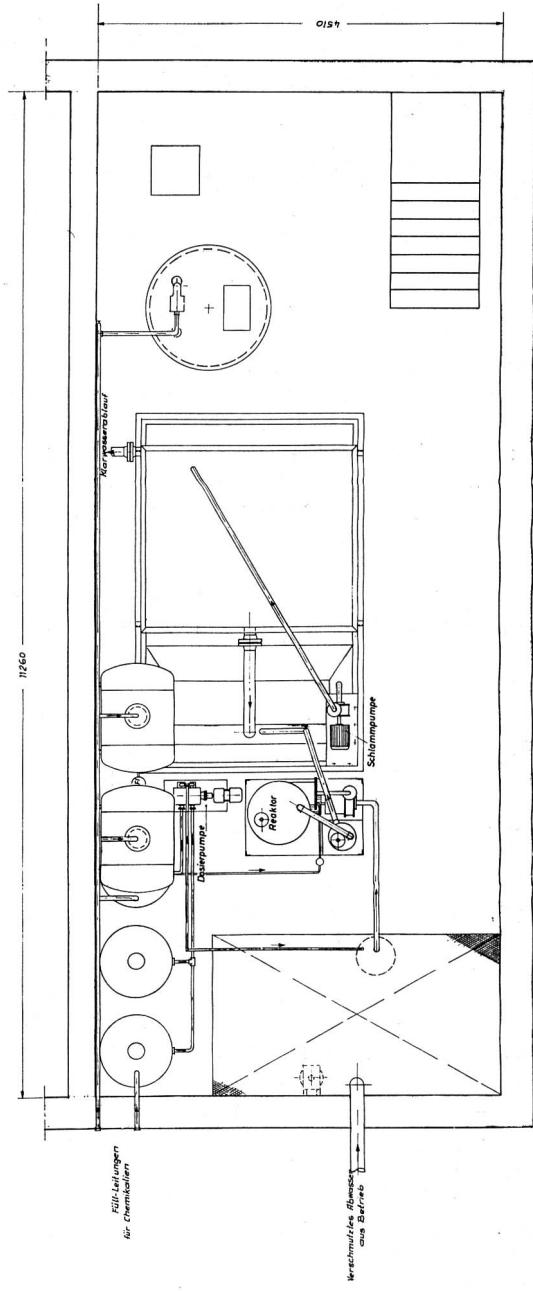
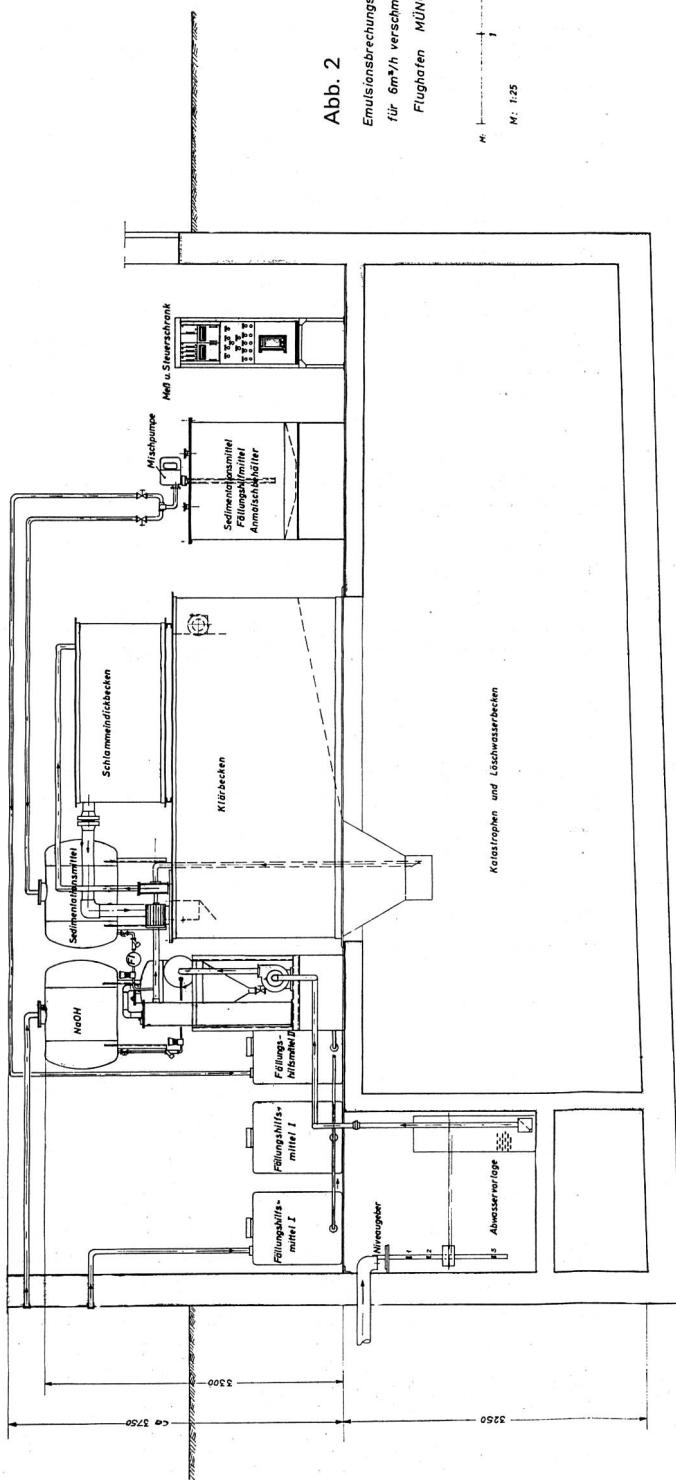
Der Schlamm, der in den Schlamsack abgesunken ist, wird in einen über dem Klärbecken stehenden Schlammeindicker gepumpt, wo er auf 8 bis 10 Prozent Feststoffgehalt eingedickt wird. Von dort kann er durch ein Fenster im Gebäude mittels einer Pumpenleitung in einen Schlammtransportwagen gefördert werden.

Zur Beschleunigung der Sedimentation wird ein Fällungshilfsmittel, z. B. Separan oder Sedipur o. ä., zugegeben. Dieses wird in einem gesonderten Behälter angemaischt (Anmaischbehälter), zu einer etwa 0,05prozentigen Lösung angesetzt und in einen hochliegenden Sedimentationsmittelbehälter gepumpt. Von dort fliesst es über eine mit einem gesteuerten Ventil versehene Leitung in den Reaktorauslauf vor dem Klärbecken. Das Sedimentationsmittelventil öffnet nur, wenn die Reaktorpumpe läuft.

Der betriebliche Vorteil dieser mit einem Schnellreaktor versehenen Anlage ist der, dass die sowohl nach Menge und Art der Verunreinigungen verschiedenen Wässer zunächst in einem Sammelbecken (Abwasser-vorlage) gesammelt und durchmischt werden. In der

Abb. 2

**Emulsionsabscheidungs u. Flockungsanlage
für 6m³/h verschmutztes Abwasser in
Flughafen MÜNCHEN-RIEM**



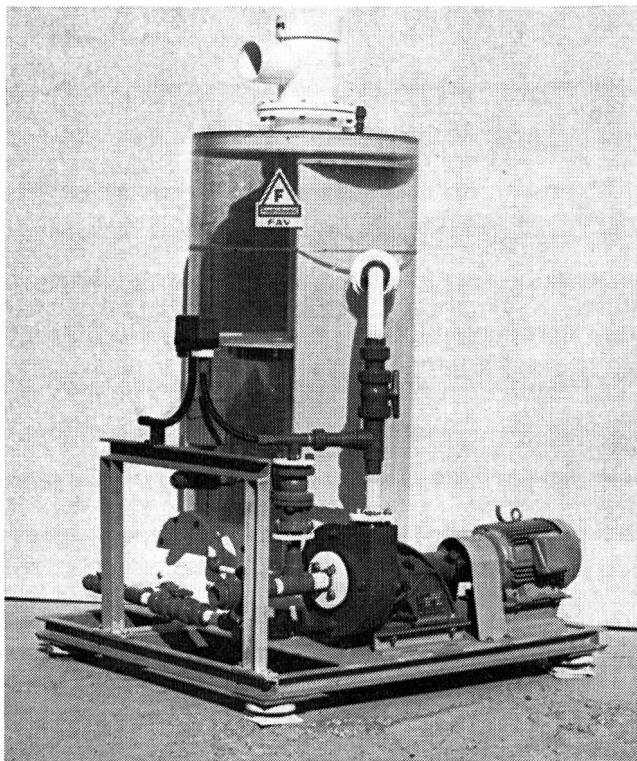


Abb. 3. FAV-Reaktor für 15 m³/h Durchsatzleistung. Grundfläche 120 × 140 cm, Höhe 200 cm

Arbeitsperiode — die zeitlich von der Menge und der Zeitdauer des Zulaufs abhängt — wird aber eine zeitkonstante und ausgeglichene Wassermenge behandelt, so dass die zuzudosierenden Chemikalien — und Sedimentationsmittelmengen — konstant zugegeben

werden können; auch die pH-Einstreuung ist vereinfacht, da die zuzudosierende Laugenmenge nur vom pH-Wert, nicht mehr aber von einer schwankenden Durchlaufmenge abhängt. Ausserdem ist bemerkenswert, dass der Chemikalieneinsatz sehr billig ist, da als Fällmittel I eine aluminiumhaltige Abfallbeize einer chemischen Fabrik (Südchemie Moosburg) und als Fällmittel II eine Calciumchloridlösung verwendet wird.

Mess- und Regeleinrichtung

Die zur Steuerung der Anlage erforderlichen elektronischen Teile, wie Regelverstärker, Relaiskombinationen, Schreiber usw., sind in einem Messschrank eingebaut.

Die Messwerte ist so gefertigt, dass die Regelverstärker und Signaleinheiten nicht fest eingebaut, sondern in sogenannten Regeleinschüben untergebracht sind, die leicht auswechselbar sind. So kann die Anlage bei Betriebsumstellungen durch Austauschen der Einschübe schnell und einfach neuen Verhältnissen angepasst werden; Ergänzungen sind möglich, ohne dass der Schrank auseinandergenommen werden muss. Servicearbeiten können rasch und sicher und damit ohne Störung des Betriebsablaufes durchgeführt werden.

Die Anlage läuft nach Einschalten vollautomatisch und überwacht sich selbst bei möglichen Störungen. Sie kann aber auch zu Testzwecken durch Umschalten von «Selbst» auf «Hand» von Hand betrieben werden. Alle dazu erforderlichen Taster sind auf einem Bedienungstableau angebracht. Die eingestellten Betriebszustände sind am Aufleuchten bzw. Blinken dieser Taster oder zusätzlicher Signalleuchten erkennbar.

Tab. 1. Analysenwerte einer Anlage zur Spaltung, Neutralisation und Flockung von Flugzeugwaschwasser (München-Riem, Messung 24. März 1966)

	Reaktorzulauf	Reaktorablauf	Klärbeckenablauf		
			gemessen in der Zeit vom Zulauf	1 Stde.	1 ^{1/4} Stde.
Farbe	grau-grün, starke Trübung	grau, trüb			schwache Opaleszenz
Geruch	seifig, ölig	seifig			schwach seifig
Absetzbare Stoffe n. 2 h (Imhoff) ml/l	4,0	66,0	Spuren	Spuren	0,1
pH-Wert	6,7	7,9	7,6	7,7	7,7
Alkalität	10,0	7,4	6,8	7,0	7,4
KMnO ₄ -Verbrauch mg/l	3982	3260	2980	3171	2750
Biochem. Sauerstoffverbrauch in 5 Tagen, BSB ₅ , mg/l	7530	7010	840	580	1060
Detergentien mg/l	413	Abnahme: ca. 88 %	ca. 91 %	ca. 91 %	ca. 84 %
Phosphate (PO ₄) mg/l	70,1	77,9	66,7	71,4	74,0
Petrolätherextr. Stoffe (Oel) mg/l	269	Abnahme: ca. 84 %	ca. 83 %	ca. 83 %	ca. 83 %
Ungelöste Stoffe mg/l	706	78,0	9,4	7,2	3,9
		Abnahme: ca. 88 %	ca. 91 %	ca. 91 %	ca. 95 %
		139,6	6,4	4,6	9,4
		Abnahme: ca. 95 %	ca. 97 %	ca. 97 %	ca. 93 %
		1150	30	18	40
		Abnahme: ca. 96 %	ca. 98 %	ca. 98 %	ca. 94 %

Ausserdem tragen die einzelnen Einschübe Signalleuchten, die bei eventueller Störung aufleuchten und somit die Störquelle anzeigen. Gleichzeitig wird akustisches Signal in einer zentralen Stelle gegeben.

Die Anlage ist mit einem Schreiber ausgerüstet, der die Werte der pH-Regelelektrode und der pH-Endkontrolle aufzeichnet. Man kann sofort überblicken, ob die Regelelektrode träge geworden und gereinigt werden muss. Die Reinigung ist sehr einfach, da die Elektroden mit Bajonettverschluss im Reaktorkessel befestigt sind und rasch und ohne Schwierigkeiten gelöst werden können.

Ferner werden auf dem Schreiber die effektive Laufzeit sowie eventuelle Störzeiten aufgeschrieben, um eine komplette Ueberwachung der Funktion der Anlage und deren Wartung zu haben.

Betriebsergebnisse

Tab. 1 zeigt die Analysen des Abwassers vor der Behandlung, nach dem Ablauf aus dem Reaktor (Eingang Klärbecken) sowie am Klärbeckenauslauf.

Die vom Betreiber und der Stadt München an die Anlage gestellte Anforderung war zunächst nur die Beseitigung der petrolätherlöslichen Substanzen auf einen Wert gleich oder kleiner 20 mg/l sowie die Beseitigung der absetzbaren Stoffe auf 0,3 ml/l (n. Imhoff).

Beim Betrieb zeigten sich jedoch, wie aus Tab. 1 hervorgeht, eine Menge sehr willkommener Nebenerscheinungen: So ging der biochemische Sauerstoffverbrauch um 85 bis 90 Prozent zurück, der Detergentiengehalt verminderte sich (durch Adsorption an der entstehenden Schlammflocke) um durchschnittlich 83 Prozent, und die Phosphate reduzierten sich um 90 bis 95 Prozent.

Die Leistung dieser Anlage, die für eine maximale Durchsatzmenge von 6 m³/h gebaut wurde, aber nicht immer voll ausgefahrene wird, zeigt, dass es auch bei Anschluss an eine Kanalisation durchaus sinnvoll sein kann, eine chemische Vorbehandlung zur Entfernung eines grossen Teils des BSB₅ durchzuführen. Eine

nachgeschaltete vollbiologische Anlage kann dadurch sehr stark entlastet werden.

Im Reaktor — Reaktionsvolumen 300 l — werden, wenn man als durchschnittlichen Eingangswert 7500 g/m³ und als Ausgangswert 900 g/m³ rechnet, pro Stunde $6 \times 6,6$ kg (Nennleistung) = 40 kg BSB₅ ausgeflockt. Rechnet man bei einer Mittellastbiologie mit einer Abbauleistung von 2 kg BSB₅ pro Kubikmeter Belüftungsraum und Tag (d.s. 83 g/m³ Std.), so wäre für die stündliche Menge von 40 kg BSB₅ ein Belüftungsvolumen von 480 m³ erforderlich. Bei einer Luftsauerstoffausnutzung von 15 Prozent (~ 43 g O₂/N m³ Luft) wären stündlich 950 N m³ Luft erforderlich, oder bei einem Sauerstoffeintrag von 1,5 kg O₂/kW wäre eine Belüftungsleistung von etwa 27 kW erforderlich. Allein diese Ueberlegung zeigt, dass es — insgesamt gesehen — günstiger ist, bei extrem hochbelasteten Industrieabwässern eine Vorvernichtung von BSB₅ durchzuführen statt diesen der biologischen Kläranlage zuzuführen, wo er in verdünntem Zustand abgebaut wird.

Chemikalienkosten

Zur Aufbereitung eines Kubikmeters Abwasser wird benötigt:

etwa 10 l Fällmittel I, bestehend aus 8 l Abfallbeize	DM —.50
und 2 l 30prozentiger Salzsäure	DM —.16
400 g Calciumchlorid	DM —.03
2 g Separan	DM —.03
etwa 1,5 kg NaOH (als 50prozentige Lauge)	DM —.30

Chemikalienkosten pro Kubikmeter konzentriertes Abwasser DM —.99

Die Behandlungskosten sind enorm niedrig, wenn man bedenkt, dass im abwassertechnischen Sinn kein Wasser, sondern ein Konzentrat vorliegt. Auf den BSB₅ bezogen betragen die Chemikalienkosten (mit 6,6 kg Ausflockung pro Kubikmeter) nur 0,15 DM/kg BSB₅. Die Stromkosten sind gering. Für Pumpleistung, Rührung, Förderungen werden etwa 2,5 KWh/Stunde bzw. 0,42 KWh/m³ bzw. 0,063 KWh/kg BSB₅ benötigt.

Direktor Dr. H. Eichenberger
Verein schweizerischer Zement-, Kalk- und Gips-Fabrikanten

1. Einleitung

Die schweizerische Zementindustrie ist sehr klein; so klein, dass die Interessengegensätze vielfach überbrückt und auf vielen Gebieten eine einheitliche Willensbildung der Unternehmungen möglich wird. Auch für den Erlass von Staubbnnormen auf privatrechtlicher Basis war diese Gegebenheit eine gute Chance, und sie wurde von der Zementindustrie auch ausgenutzt. Eine Lösung des Staubproblems wird ferner dadurch

Die Staubbekämpfung in der schweizerischen Zementindustrie

erleichtert, dass die 18 Werke der Bindemittelbranche längs des Juras und der Kalkalpen dezentralisiert sind. Die Standortwahl ist weitgehend durch die Rohstoffvorkommen, die sich in breitem Band durch die Schweiz ziehen, gegeben. Die vom schweizerischen Kartellgesetz zugelassenen Horizontalkartelle, zu denen auch die EG Portland gehört, begünstigen zudem die unabhängige, selbständige Existenz mittlerer Werke und tragen damit zur Dezentralisierung bei. Der auf die Schweiz beschränkte Absatz von gegenwärtig