

**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:** 04.04.2026

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

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

## Abwasserreinigungs- anlagen im Düsenflug- verkehr

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-BSB<sub>5</sub> > 7000 mg/l) mit relativ geringem Chemikalienaufwand (0,99 DM/m<sup>3</sup> bzw. 0,15 DM/kg BSB<sub>5</sub>) weitgehend vorge-reinigt 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 BSB<sub>5</sub> sind dabei bei den hohen Konzentrationen

geringer als bei niederen Konzentrationen, wo der Hauptkostenfaktor die Energie für eingebrachte Luft und investitions-mässig das grosse Behandlungsvolumen, das für dieselbe Menge BSB<sub>5</sub> benötigt wird, darstellt.

### Aufgabenstellung

Das Washwasser 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 Washwasser gelangen zusätzlich vor allem Öle und Fette neben festen Schmutzteilen.

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:

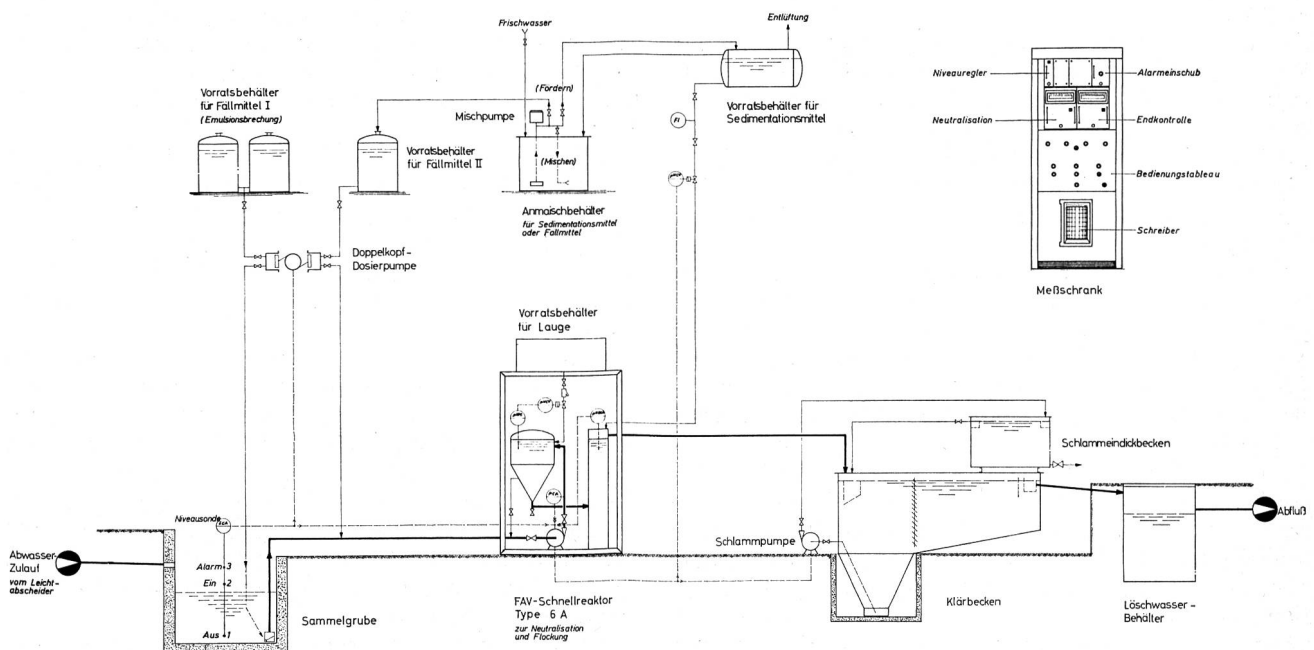


Abb. 1

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 m<sup>3</sup>/h geschätzt wurde, soll die Anlage auch für späterhin zusätzlich anfallende Abwassermengen bis zu maximal 6 m<sup>3</sup>/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 Absorptionwirkung. Besonders günstig war, dass sich als ausgezeichnete 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 Schmutzwasserkanalssystem, 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, Putzklappen 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 m<sup>3</sup> 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 Schalterpunkt 1 wieder erreicht ist. Schalterpunkt 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 Abwasserhältnisse 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 m<sup>3</sup> 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 Schlamm sack 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 Schlamm sack. Da bei Anwesenheit von Oel und Detergentien Schwimmschlamm nicht immer auszuschliessen ist, wurde ein Rückwärtsauslauf mit Schwimmschlamm-sperre eingebaut. Das geklärte Wasser füllt zunächst ein Katastrophenbecken (Löschwasserbecken) unterhalb des Gebäudes von rund 120 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen. Der Inhalt dieses Beckens dient als Notreservoir bei Brandfällen. Ueberschüssiges Wasser läuft in einen Vorfluter.

Der Schlamm, der in den Schlamm sack abgesunken ist, wird in einen über dem Klärbecken stehenden Schlammmeindicker 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 angemischt (Anmischbehälter), 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

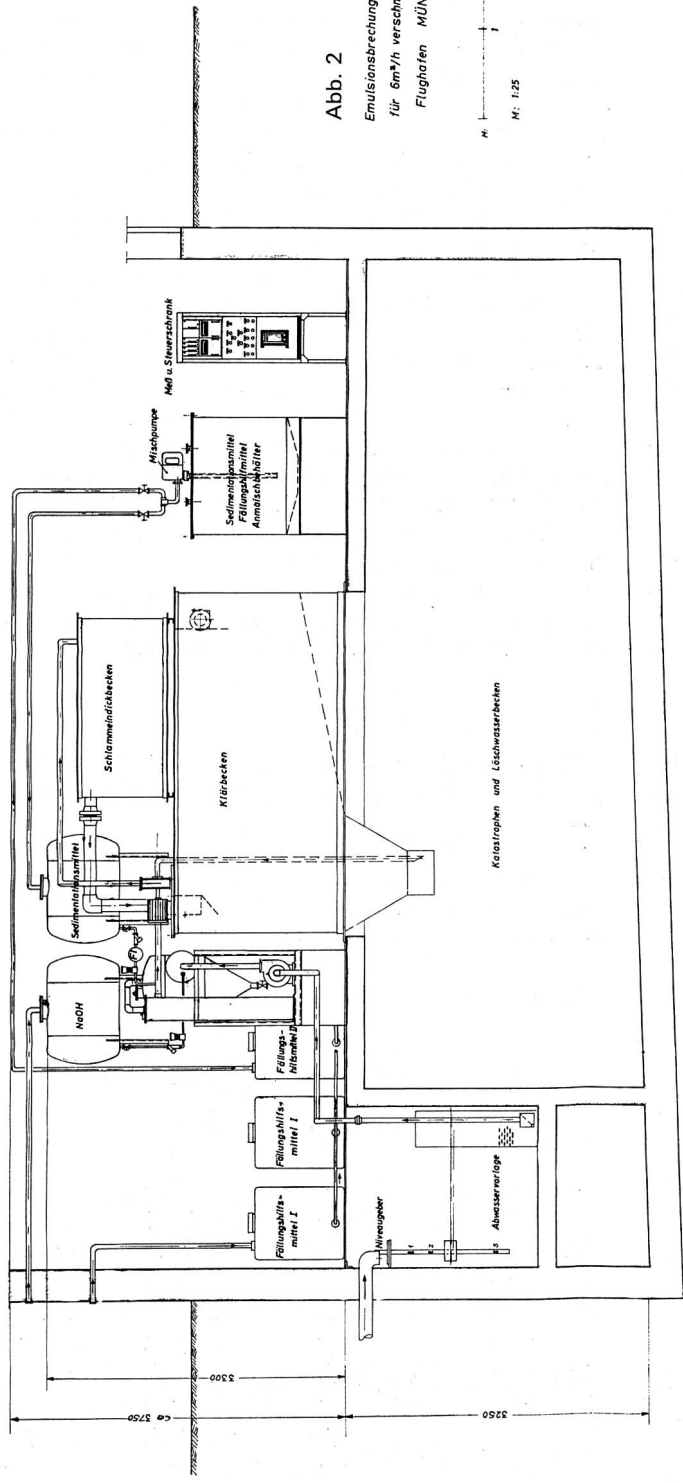
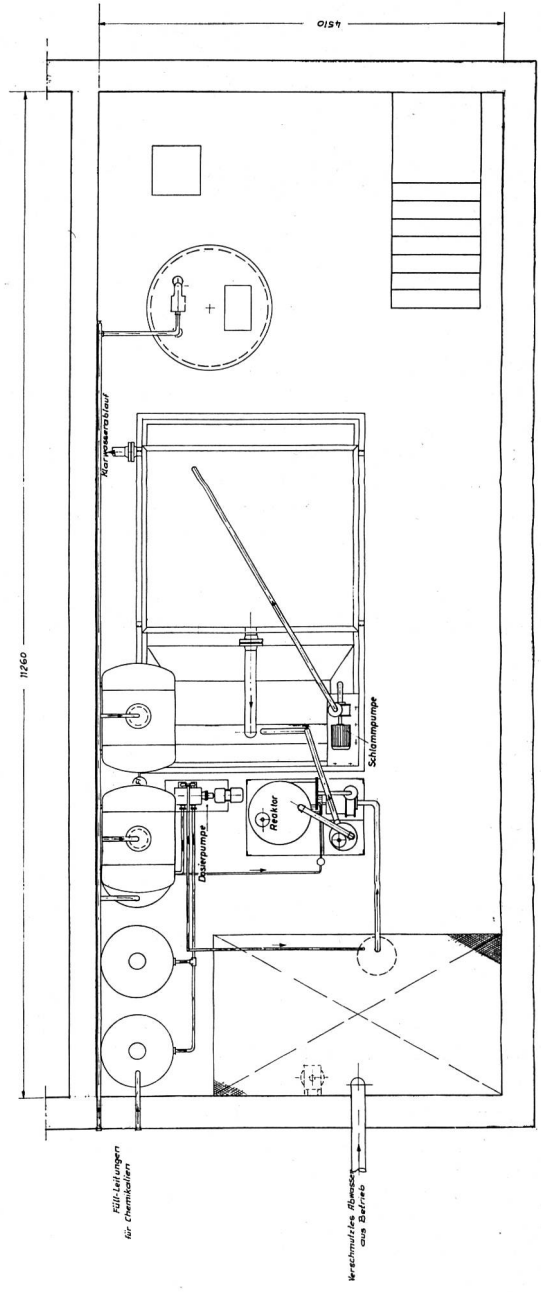


Abb. 2  
 Emulsionsbrechungs- u. Flockungsanlage  
 für 6m³/h verschmutztes Abwasser in:  
 Flughafen MÜNCHEN-RIEM



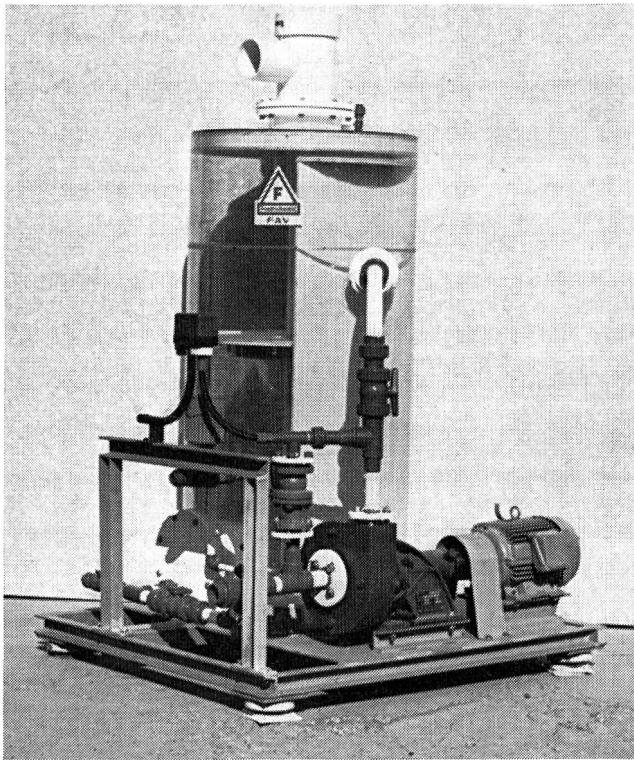


Abb. 3. FAV-Reaktor für 15 m<sup>3</sup>/h Durchsatzleistung. Grundfläche 120 × 140 cm, Höhe 200 cm

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-Einstuerung ist vereinfacht, da die zuzudosierende Laugenmenge nur vom pH-Wert, nicht mehr aber von einer schwankenden Durchlaufmenge abhängt.

Ausserdem ist bemerkenswert, dass der Chemikalien-einsatz 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 Messwarte 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)

	Reaktor-zulauf	Reaktor-ablauf	Klärbecken-ablauf		
			gemessen in der Zeit vom Zulauf		
			1 Stde.	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Stde.	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> -Verbrauch mg/l . . . . .	3982	3260	2980	3171	2750
		Abnahme:	ca. 14 %	ca. 9 %	ca. 21 %
Biochem. Sauerstoffverbrauch in 5 Tagen, BSB <sub>5</sub> , mg/l . . . . .	7530	7010	840	580	1060
		Abnahme:	ca. 88 %	ca. 91 %	ca. 84 %
Detergentien mg/l . . . . .	413	77,9	66,7	71,4	74,0
		Abnahme:	ca. 84 %	ca. 83 %	ca. 83 %
Phosphate (Po <sub>4</sub> ) mg/l . . . . .	70,1	78,0	9,4	7,2	3,9
		Abnahme:	ca. 88 %	ca. 91 %	ca. 95 %
Petrolätherextr. Stoffe (Oel) mg/l . . . . .	269	139,6	6,4	4,6	9,4
		Abnahme:	ca. 95 %	ca. 97 %	ca. 93 %
Ungelöste Stoffe mg/l . . . . .	706	1150	30	18	40
		Abnahme:	ca. 96 %	ca. 98 %	ca. 94 %

Ausserdem tragen die einzelnen Einschübe Signal-  
leuchten, die bei eventueller Störung aufleuchten und  
somit die Störquelle anzeigen. Gleichzeitig wird aku-  
stisches Signal in einer zentralen Stelle gegeben.

Die Anlage ist mit einem Schreiber ausgerüstet, der  
die Werte der pH-Regelelektrode und der pH-Endkon-  
trolle 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 wer-  
den können.

Ferner werden auf dem Schreiber die effektive Lauf-  
zeit sowie eventuelle Störzeiten aufgeschrieben, um  
eine komplette Ueberwachung der Funktion der An-  
lage und deren Wartung zu haben.

### Betriebsergebnisse

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

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

Beim Betrieb zeigten sich jedoch, wie aus Tab. 1 her-  
vorgeht, eine Menge sehr willkommener Nebener-  
scheinungen: So ging der biochemische Sauerstoff-  
verbrauch um 85 bis 90 Prozent zurück, der Detergen-  
tiergehalt 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 m<sup>3</sup>/h gebaut wurde, aber nicht  
immer voll ausgefahren wird, zeigt, dass es auch bei  
Anschluss an eine Kanalisation durchaus sinnvoll sein  
kann, eine chemische Vorbehandlung zur Entfernung  
eines grossen Teils des BSB<sub>5</sub> durchzuführen. Eine

nachgeschaltete vollbiologische Anlage kann dadurch  
sehr stark entlastet werden.

Im Reaktor — Reaktionsvolumen 300 l — werden,  
wenn man als durchschnittlichen Eingangswert 7500  
g/m<sup>3</sup> und als Ausgangswert 900 g/m<sup>3</sup> rechnet, pro  
Stunde 6 × 6,6 kg (Nennleistung) = 40 kg BSB<sub>5</sub> ausge-  
flockt. Rechnet man bei einer Mittellastbiologie mit  
einer Abbauleistung von 2 kg BSB<sub>5</sub> pro Kubikmeter  
Belüftungsraum und Tag (d.s. 83 g/m<sup>3</sup> Std.), so wäre für  
die stündliche Menge von 40 kg BSB<sub>5</sub> ein Belüftungsvol-  
umen von 480 m<sup>3</sup> erforderlich. Bei einer Luftsauerstoff-  
ausnutzung von 15 Prozent (~ 43 g O<sub>2</sub>/N m<sup>3</sup> Luft) wären  
stündlich 950 N m<sup>3</sup> Luft erforderlich, oder bei einem  
Sauerstoffeintrag von 1,5 kg O<sub>2</sub>/kW wäre eine Belüfter-  
leistung von etwa 27 kW erforderlich. Allein diese  
Ueberlegung zeigt, dass es — insgesamt gesehen —  
günstiger ist, bei extrem hochbelasteten Industrieab-  
wässern eine Vorvernichtung von BSB<sub>5</sub> 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 und 2 l 30prozentiger Salzsäure	DM —.50
400 g Calciumchlorid	DM —.16
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 Was-  
ser, sondern ein Konzentrat vorliegt. Auf den BSB<sub>5</sub> be-  
zogen betragen die Chemikalienkosten (mit 6,6 kg  
Ausflockung pro Kubikmeter) nur 0,15 DM/kg BSB<sub>5</sub>. Die  
Stromkosten sind gering. Für Pumpleistung, Rührung,  
Förderungen werden etwa 2,5 KWh/Stunde bzw. 0,42  
KWh/m<sup>3</sup> bzw. 0,063 KWh/kg BSB<sub>5</sub> benötigt.

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

## Die Staubbekämpfung in der schweizerischen Zementindustrie

### 1. Einleitung

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

erleichtert, dass die 18 Werke der Bindemittelbranche  
längs des Juras und der Kalkalpen dezentralisiert sind.  
Die Standortwahl ist weitgehend durch die Rohstoff-  
vorkommen, die sich in breitem Band durch die  
Schweiz ziehen, gegeben. Die vom schweizerischen  
Kartellgesetz zugelassenen Horizontalkartelle, zu de-  
nen 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