

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 106 (1988)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Industrie-Abwasserbehandlung  
**Autor:** Lieberherr, B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85702>

### 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:** 23.02.2026

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

Überlagerungsdruck  $\tau_v$  gefunden,  $r_u = u/\tau_v$  (Bild 9). Für eine hangparallele Strömung bei einer Hangneigung von 20° und einem Raumgewicht von 22 kN/m<sup>3</sup> beträgt  $r_u = 0,40$ . Die gemessenen Werte sind im Bild 9 für die einzelnen Piezometer aufgezeichnet und betragen für die Bohrungen:

$$B_{110} \quad r_u = 0,11 \pm 0,08$$

$$B_{111} \quad r_u = 0,17 \pm 0,17$$

$$B_{112} \quad r_u = 0,19 \pm 0,06$$

$$B_{113} \quad r_u = 0,29 \pm 0,05$$

Für die gerammten Piezometer sind die Werte  $r_u = 0,25 \pm 0,12$ . Das Mittel aller Piezometer beträgt:  $r_u = 0,19 \pm 0,11$ . Eine Veränderung der Grundwasser-Verhältnisse in der Messperiode wurde nicht registriert. Die Deformationen sind minimal und werden, wie die Porenwasserdrücke, in grösseren Zeitin-

tervalen weiter verfolgt. Die im Bild 9 dargestellten Ergebnisse machen deutlich, dass kleine, oberflächliche Rutschungen durchaus möglich sind, hingegen sind kaum tiefgreifende Rutschungen zu erwarten.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. J. Huder, Institut für Grundbau und Bodenmechanik (IGB), ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

## Industrie-Abwasserbehandlung

### Chemie-Abwässer: Verfahrensevaluation durch Pilotversuche

Bei einem grossen Chemie-Unternehmen fallen u. a. bei der Produktion von Thermostabilisatoren für Kunststoffe Abwässer an, welche einen hohen Gehalt an schwerflüchtigen, lipophilen Verbindungen (nach DIN 38409 H 17) aufweisen. Darüber hinaus sind diese Abwässer mit organischen Schwermetallverbindungen belastet, die teilweise erheblich über den behördlichen Grenzwerten für Indirekteinleiter liegen. Gleichzeitig fallen aus den Forschungslabors für Agrochemikalien kleine, aber sehr toxische Abwassermengen an.

Da das Abwasser in seiner Zusammensetzung wie auch seiner Menge produktionsbedingt grösseren Schwankungen unterliegt, wurden neben Laborversuchen auch während etwa 4 Monaten Versuche im Pilot-Plant-Massstab durchgeführt. Das Konzept der Pilotanlage entsprach dabei vollumfänglich der geplanten Grossanlage:

Aus der Abwasserstapelung des Werkes werden täglich 2 m<sup>3</sup> Abwasser abgezo-

gen und gespeichert. Dies erfolgt unter stetigem Rühren, um eine Phasenbildung durch Schwerkrafeinfluss zu vermeiden.

Niveaugesteuert gelangt das Abwasser in die Koagulation, in welcher durch Zusatz von Flockungsmitteln die emulgierten Öle und Fette entstabilisiert werden.

Im Durchlauf gelangt das Abwasser anschliessend in die Neutralisation, in welcher durch Einstellung des pH-Wertes mit Lauge die Schwermetalle ausgefällt werden. Gleichzeitig können bei Vorhandensein von Abwasserinhaltsstoffen mit störenden, reduzierenden Eigenschaften Oxidationsmittel zugesetzt werden.

Mengenproportional wird in der nachfolgenden Flockulationsstufe Flockungshilfsmittel zudosiert. Dadurch werden die vorher in der Neutralisation ausgefällten Schwermetallhydroxide zu gut sedimentierbaren Makroflocken agglomeriert.

Im Überlauf gelangt das Abwasser anschliessend in die Sedimentation. Hier erfolgt durch Schwerkrafeinfluss die Trennung des Schlamm/Wasser-Gemisches in klares Dekantat und Dünnschlamm.

Das Klarwasser gelangt aus der Sedimentation über einen manuell rückspülbaren Zweischichtfilter auf zwei in Reihe geschaltete Aktivkohlefilter. Im Perkolationsverfahren erfolgt hier die Elimination noch im Abwasser enthaltener lipoide Reststoffe, u. a. auch organischer Schwermetallverbindungen.

Der in der Sedimentation abgesetzte Dünnschlamm wird zur weiteren Einödung zwischengestapelt und anschliessend über eine Kammerfilterpresse entwässert.

Die während der Pilotversuche festgestellten Eigenschaften des Abwassers sind typisch für Abwässer der chemischen Industrie und verdeutlichen die extremen Schwierigkeiten, die bei einer gesetzeskonformen Aufbereitung auftreten können:

- Da das Abwasser Schwermetalle - wie Cadmium, Zink, Zinn oder Blei - enthalten kann, muss der Fällungs-pH-Wert im schwach alkalischen Bereich liegen.
- Die im Abwasser enthaltenen Ammoniumverbindungen führen bei pH-Werten über pH 8,0 zum Austreten von freiem Ammoniak und damit zu intensiver Geruchsbelästigung.
- Im Abwasser enthaltene Komplexbildner bewirken bei neutralen pH-Werten Nachfällungen von Schwermetallhydroxiden und so zur Wiedereintrübung der Klarphase in der Sedimentation.
- Stark reduzierend wirkende Organo-schwefelverbindungen reduzieren als Flockungsmittel zugesetztes 3wertiges Eisen und verhindern somit eine vollständige Ausfällung in jenem pH-Bereich, in dem noch keine Ammoniabildung auftritt.
- Die Konzentrationen an Schadstoffen im Abwasser sind naturgemäß stark produktionsabhängig und können bis zu einem Faktor 5-10 schwanken. Das gleiche gilt für die bei der Abwasseraufbereitung störenden Verbindungen.

Tabelle 1. Behandlungseffizienz des Verfahrens (10.9.1986)

Analytische Parameter	unbehandeltes Abwasser	nach Sedimentation	nach Aktiv-kohlefiltration	Grenzwert
pH-Wert	7,2	7,8	7,8	6,5-9,0
CSB	30 581		24 219	
org. Öle + Fette	1 166	140	14	50 mg/l
Kohlenwasser-stoffe	10		0,2	20 mg/l
Sulfat	1 164		1 013	400 mg/l
Barium	7,7		0,4	
Blei	0,7		0,02	2 mg/l
Cadmium	2,2		0,001	0,5 mg/l
Zink	11,1		0,7	5,0
Zinn	2,3		0,004	3,0

Die mit der Pilotanlage (Bild 1) erhaltenen Betriebsergebnisse (Tabelle 1) bestätigen jedoch, dass durch

- genaue Eruierung der Grundlagen
- umfangreiche Laborversuche
- präzise Anpassung des Verfahrensprinzipes und
- Optimierung der Parameter durch Pilotversuche

auch komplexe Chemieabwasser zu behandeln sind.

### Methylenchlorid-Elimination durch Air-Stripping

Zum Ablaugen von Farben und Lacken wird in bestimmten Fällen als preiswertes und optimal wirkendes Lösungsmittel Methylenchlorid (Dichlormethan,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) eingesetzt. Durch Verschleppung in nachfolgende Laugebäder und Spülwässer ergeben sich Konzentrationen im Abwasser, die weit über dem gesetzlichen Grenzwert (BRD: 1-5 mg/l; Schweiz: 0,1 mg/l) für Indirekteinleiter liegen können.

Da sich chlorierte Kohlenwasserstoffe wegen ihres hydrophilen Charakters nicht durch Flockung und Fällung aus dem Abwasser entfernen lassen, ist eine quantitative Elimination nur durch Adsorption an Aktivkohle oder Stripping mit Luft oder Wasserdampf möglich.

Bei der Grossablaugerei Gebr. Meier AG in Rafz fallen trotz weitgehender Kreislaufführung pro Tag etwa 30-40 m<sup>3</sup> mit Methylenchlorid verunreinigtem Abwasser an. Gesucht wurde ein Verfahren, mit welchem bei niedrigen Betriebs- und Investitionskosten die Methylenchlorid-Konzentration auf den behördlich festgesetzten Grenzwert von 1 mg/l reduziert werden kann.

Die Entscheidung zugunsten des Strippen mit Luft basiert auf folgenden Kriterien:

- Methylenchlorid ist als polares, kleines und hydrophiles Moleköl nur schlecht an Aktivkohle absorbierbar.
- Das Ablaugereiabwasser ist trotz Ausflockung der emulgierten und kolloidalen Inhaltsstoffe noch stark mit organischen Verbindungen belastet, welche aufgrund ihrer lipoideen Eigenschaften bevorzugt an Aktivkohle adsorbiert werden und somit die Adsorptionskapazität für Methylenchlorid zusätzlich drastisch verringern.

Der Einsatz der Aktivkohle-Adsorption würde somit aufgrund der notwendigen grossen Filter und des hohen Aktivkohleverbrauches zu enorm hohen Investitions- und Betriebskosten führen.

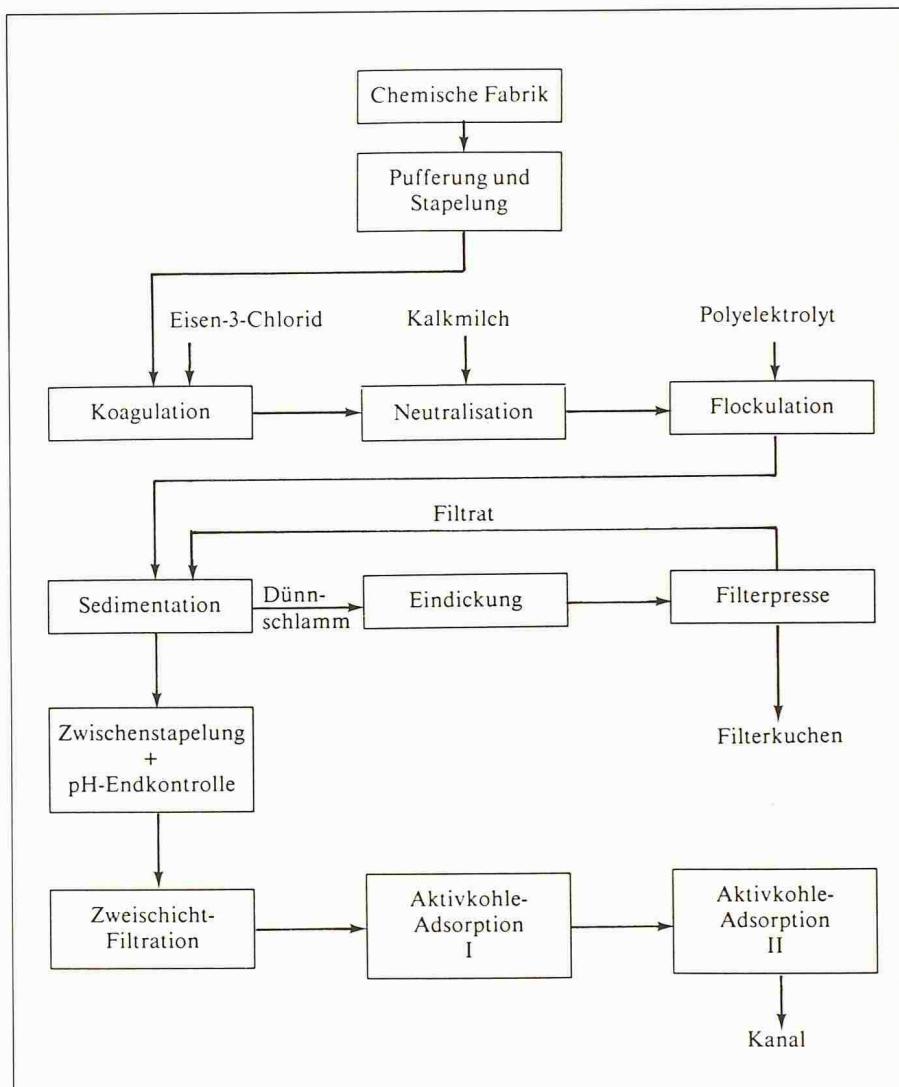
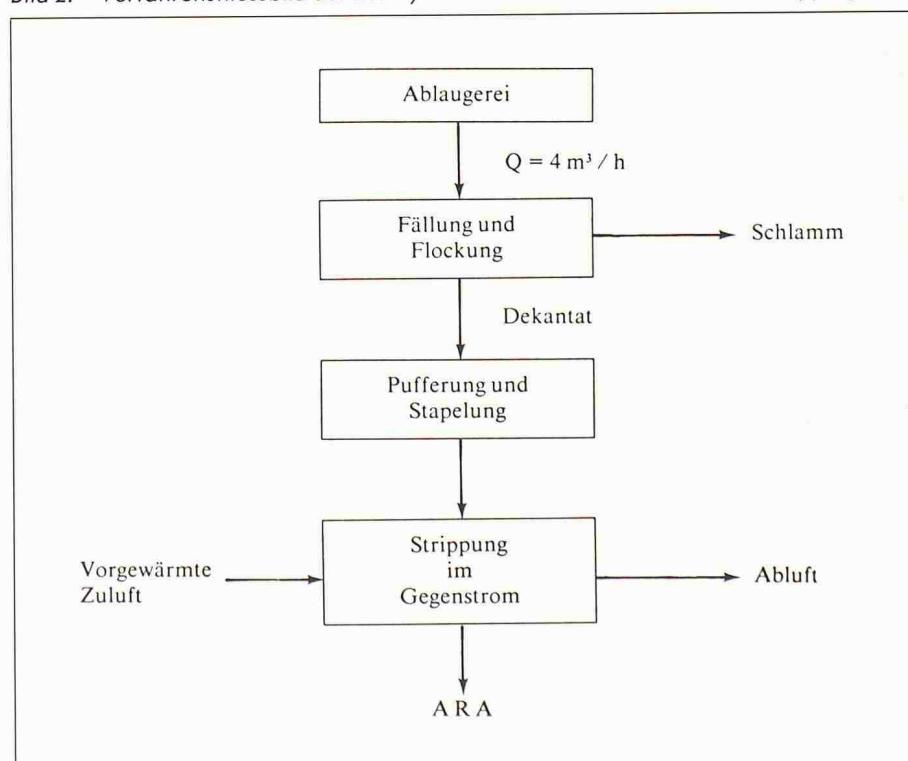


Bild 1. Verfahrensfließbild der Evaluation durch Pilot-Versuche

Bild 2. Verfahrensfließbild der Methylenchlorid-Elimination durch Air-Stripping



- Das Strippen mit Wasserdampf ist wegen des grossen apparativen Aufwandes und der hohen Betriebskosten erst bei Konzentrationen nahe der Sättigungsgrenze und Wassermengen grösser als 200 m<sup>3</sup> / Tag wirtschaftlich interessant.

Die Auslegung der geplanten Anlage wurde durch Pilotversuche ermittelt. Dabei mussten insbesondere die folgenden Fragen geklärt werden:

- Einfluss der zwischenmolekularen Wechselwirkung mit organischen Wasserinhaltsstoffen - wie Alkoholen, Tensiden usw. - auf die Flüchtigkeit
- Einfluss der Luft- und Wassertemperatur
- Einfluss des Luft/Wasser-Verhältnisses
- Das Auftreten von Schaumbildung und der Einfluss auf Druckverlust und Wirkungsgrad

Die Versuche ergaben, dass insbesondere die im Abwasser emulgierten oder gelösten organischen Verbindungen eine starke Herabsetzung der Flüchtigkeit bewirken, was bei nicht durch Flockung und Fällung vorbehandeltem Abwasser auch durch hohen Luftüberschuss nicht kompensiert werden kann. Aufgrund der Pilotversuche wurde folgende Problemlösung gefunden:

Nach Ausflockung der emulgierten und kolloidalen organischen Inhaltsstoffe und Ausfällung von Schwermetallen gelangt das methylenchloridhaltige Abwasser in ein Puffer- und Stapelecken, in welchem sowohl ein Konzentrations- als auch ein Mengenausgleich erfolgt. In der anschliessenden Füllkörperkolonne erfolgt im Gegenstrom mit Luft die Desorption des Methylenchlorids aus dem Abwasser. Durch Verdüssung des eintretenden und dem Einsatz spezieller Hochleistungsfüllkörper wird eine grosse Phasengrenzfläche und somit ein intensiver Stoffaustausch erzielt. Die Abwärme anderer Arbeitsmaschinen wird zur Vorwärmung des Abwassers und der Abluft und damit zu einer zusätzlichen Steigerung des Desorptionsgrades genutzt. Das Abwasser gelangt aus dem Sumpf der Strippelanlage in die Kanalisation, die Luft wird über Dach abgeblasen. Eine zusätzliche Abluftreinigung erfolgt nicht, da der Grenzwert der TA-Luft vom März 86 von 3 kg/h für Methylenchlorid mit max. 200 g/h deutlich unterschritten wird.

Nach fast einjähriger Betriebszeit der Anlage (Bild 2) ergeben sich folgende Betriebswerte:

Hydraulische Belastung	ca. 4 m <sup>3</sup> /h
Luftdurchsatz	ca. 2000 m <sup>3</sup> /h

Methylenchlorid am Einlauf	bis 30 mg/l
Methylenchlorid am Auslauf	0,1-1 mg/l

Die Betriebsergebnisse zeigen, dass mit dem eingesetzten Verfahren selbst schwerflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe wie Methylenchlorid, betriebs- und investitionskostengünstig aus hochbelasteten Ablaugereabwasser entfernt werden können.

Adresse des Verfassers: *B. Lieberherr, Dipl. Chem., und W. Beck, Dipl. Ing.-Chem. (TU), c/o ENVIRO-CHEMIE AG, 8733 Eschenbach.*

## Die Deponie - ein Bauwerk?

Internationale Fachtagung in Aachen

**Das Umweltbundesamt in Berlin und das Forschungsinstitut für Wasser-technologie (FiW) der RWTH Aachen richteten unter Mitwirkung des Instituts wassergefährdender Stoffe (IWS) der TU Berlin diese Fachtagung vom 18. bis 19. September 1986 in Aachen aus. Über 400 Fachleute aus Belgien, Deutschland, Grossbritannien, Italien, Kanada, Luxemburg, Österreich, den Niederlanden und der Schweiz nahmen daran teil. In 27 Fachvorträgen mit anschliessender offener Aussprache trugen Bauherren, Ausführende und Forscher zur Lösung anfallender Probleme bei, wie z.B. zukünftige Abfallentsorgung, Bauwerks- und Kavernendepo-nien, Materialeinsatz, Haftpflicht und Gewährleistung. Den Verantwortlichen in der Verwaltung wird bei ihren zukünftigen Entscheidun-gen geholfen und der Praxis die Randbedingungen aufgezeigt, unter denen sie Wege zur sicheren Umschliessung von Abfällen finden kann und soll.**

### Zukünftige Abfallentsorgung

*J. Kuhbier*, Hamburg, beantwortet die Frage «Brauchen wir eine neue Abfallphilosophie?» damit, dass die Abfallmenge einzudämmen, seine Zusammensetzung entschärft, die Abfallbehandlungsanlagen (Recycling) aufeinander abgestimmt und die Deponien sicherer gestaltet werden müssen, wobei vor allem an Entgasung, Oberflächenabdeckung, Entwässerung, Bodenabdichtung, Überwachung und Instandsetzbarkeit wegen des Grundwasserschutzes und des verringerten Flächenverbrauchs schärfere Anforderun-

gen zu stellen sind. Ökologisch sinnvoller ist es, aus Einsicht in die fehlende Umweltverträglichkeit vieler Stoffe unsere Produktionsverfahren und unser Konsumverhalten zu verändern. – Dazu bringt Dr. *J. Hahn*, Berlin, ergänzend «Anforderungen an zukünftige Abfallbehandlung und Lagerung» (Tab. 1) entsprechend dem Wasserhaushaltsgesetz (Endlagerung: kontrollierbar, reparierbar, rückholbar) [1-3].

*H. Wickberg*, Kumla/Schweden, erläutert die «Arbeitsweise der Abfallfabrik Sakab», einer zentralen, staatlichen Anlage in Norrtop, die für ganz Schweden über einige Sammelstellen die ge-

fährlichen Abfälle nach neuesten Erkenntnissen entsorgt (60 000 t/Jahr). – Dr. *P. Krejsa*, Seibersdorf/Österreich, beschreibt das «Konzept für die Untertagedeponie bestimmter Sonderabfälle» in Österreich, Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie, die auch ohne Nutzung der Kernenergie endgelagert werden müssen. Nach dem Sonderabfallkatalog sind die niedrig- und mittelaktiven Abfälle in eigenen Kavernen einzulagern. Die Sicherheit ihrer Endlagerung wurde mit probabilistischen und deterministischen Risikoanalysen unter Verwendung von Fehlerbaumanalyse, Ausbreitungs- und Nahrungskettenanalyse überprüft. – Nach Prof. Dr. *P. Baccini*, Dübendorf, enthält das «Leitbild für die Abfallwirtschaft in der Schweiz» [4-6] neben den Zielsetzungen für alle Entsorgungssysteme einer Volkswirtschaft «Konsequenzen für die Deponierung von Reststoffen». Die Endlagerqualität muss erst mit naturwissenschaftlichen und technischen Kriterien definiert werden, damit eine neue Generation von Depoenien als Bauwerke entwickelt werden kann. Am Beispiel des Entsorgungssystems «Verbrennung» [7] wird je nach Art der Endlagerkonzepte mit vorgeschalteten Abfallbehandlungsverfahren die Entwicklung von Monodeponien gezeigt, die als Bauwerke auch langfristig (Jahrhunderte) erhalten werden können.