



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH
GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG

Abteilung Dekontamination

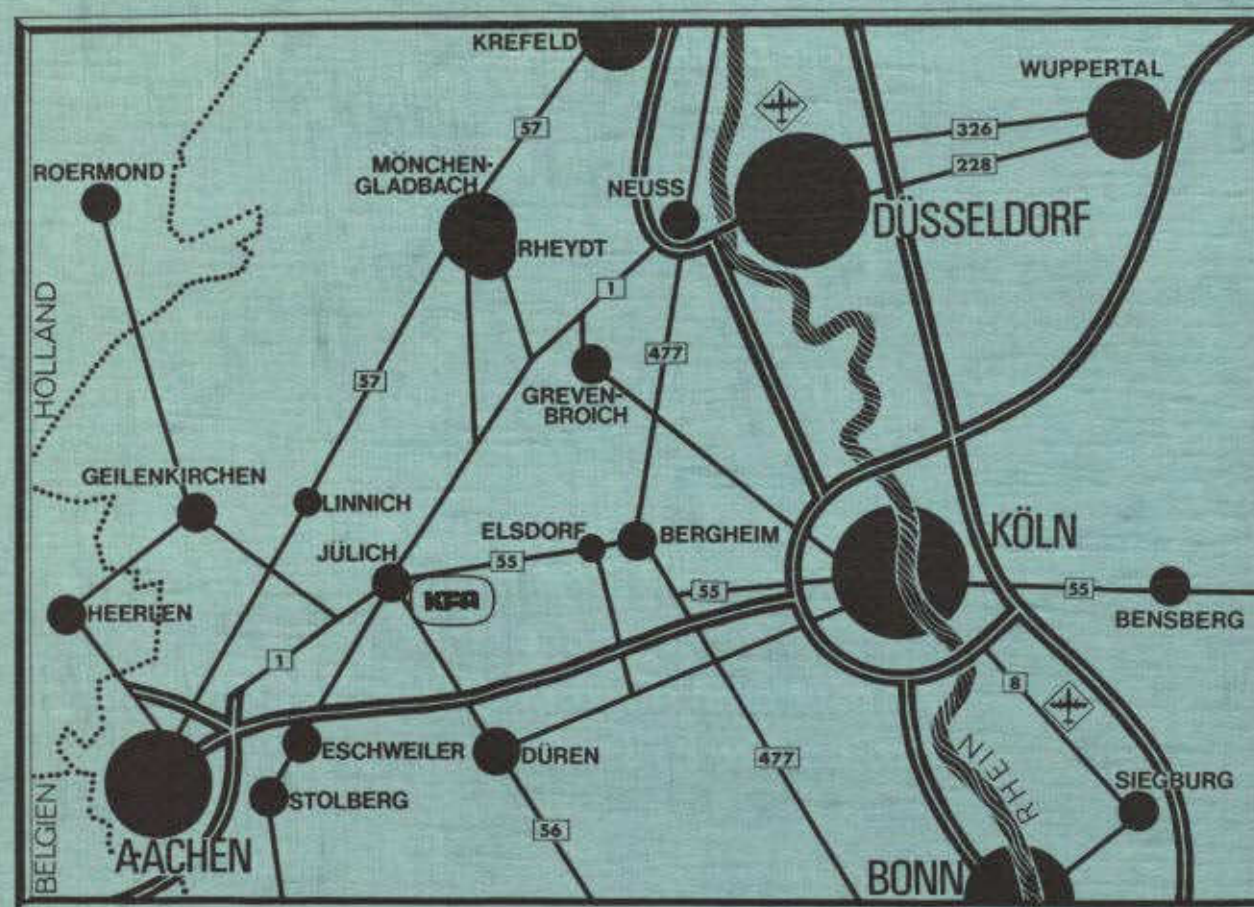
**Experimentelle Bestimmung
des Wirkungsgrades einer
Anschwemmfilteranlage für die Bearbeitung
radioaktiver Abwässer**

von

I. Dobrevsky, W. Jablonski, H. Mallek, P. Stipanits,
G. Zaddach und E. Zange

JüI - 1061 - DE
April 1974

Als Manuskript gedruckt



Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 1061

Abteilung Dekontamination Jül - 1061 - DE

Dok.: Filters - Liquid Waste
 Filters - Radioactive Waste Processing
 Liquid Waste - Filters
 Radioactive Waste Processing - Filters

Im Tausch zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
 Jülich, Bundesrepublik Deutschland

Experimentelle Bestimmung des Wirkungsgrades einer Anschwemmfilteranlage für die Bearbeitung radioaktiver Abwässer

von

I. Dobrevsky*, W. Jablonski, H. Mallek, P. Stipanits,
G. Zaddach und E. Zange

* Dozent Dipl.-Ing. Ivan Dobrevsky, Institut für Energetik „Energoprojekt“ - Sofia,
Bulgarien, d. z. Gastmitarbeiter bei der Kernforschungsanlage Jülich

Experimentelle Bestimmung des Wirkungs- grades einer Anschwemmfilteranlage für die Bearbeitung radioaktiver Abwässer -----

I. Einleitung

In unserer vorausgegangenen Arbeit (1) empfahlen wir den Einbau eines Anschwemmfilters zusätzlich zum oder anstelle des vorhandenen Vorfilters (Bettfilter), um die Wirksamkeit der Ionenaustausch-Dekontaminationsanlage der KFA in Jülich (Fig. 1) erheblich zu verbessern.

Die damaligen Experimente (1) und der spätere Routinebetrieb, vor allem aber ausgedehnte Laboruntersuchungen haben bewiesen, daß bei vielen Arten von radioaktiven Abwässern ein wesentlicher Teil der Wasserkontamination nicht von ionogen gelösten, sondern von grob- bis feindispers suspendierten Stoffen verursacht wird. Unter diesen Bedingungen wird also das Anschwemmfilter nicht nur als Schutz gegen mechanische Verschmutzungen der Ionenaustauschanlage, sondern auch als eine Dekontaminationsstufe wirken. Daher wurde im Jahre 1973 eine Anschwemmfilteranlage (Fig. 2) mit einem Plattenanschwemmfilter (Sparkler Vertikal Plattenfilter Modell VF-A-35 (Fig. 3) mit 5 Filterplatten und einer Filterfläche von $3,13 \text{ m}^2$ bei einem max. Kuchenvolumen von 120 l, wobei der Plattenabstand 100 mm beträgt) installiert.

Um die Dekontaminierbarkeit der verschiedenen radioaktiven Abwässer aus der KFA Jülich durch ein Fein-Filtrationsverfahren zu untersuchen, wurden zuerst in Laborversuchen die α - und β -Aktivitäten der Wässer vor und nach der Filtration durch ein Membranfilter (Porenweite $0,45 \text{ }\mu\text{m}$) bestimmt.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß die Aktivität des Filtrats nach dem Membranfilter merklich geringer war. In bestimmten Fällen - insbesondere bei den Abwässern aus der Aktivwäscherei - ist die Restaktivitätskonzentration so gering, daß die Filtrate in unsere chemische Kläranlage abgepumpt und von dort aus gemeinsam mit der Gesamtmenge der Abwässer der KFA über den Hauptentwässerungskanal abgeleitet werden können.

Diese Erkenntnis läßt die Vermutung zu, daß Abwässer aus der Aktivwäscherei und ähnlich belastete andere Abwässer durch einen einzigen Feinfiltrationsprozeß ausreichend zu dekontaminieren sind. Dadurch kann man die wesentlich aufwendigeren in der KFA üblichen Dekontaminationsverfahren, wie Ionenaustausch sowie Eindampfen und Aufarbeiten des Konzentrats im Zweiwalzen-trockner, einsparen.

Die Betriebserfahrung in der Wasseraufbereitung und Kondensatreinigung in Großkraftwerken zeigt zwei prinzipiell verschiedene technologische Möglichkeiten zur Feinfiltration:

- a) Filtration durch Filterkuchen
(Anschwemmfiltrationsverfahren) (2)
- b) Filtration durch Filterkerzen
mit definierten Porenweiten (3).

Bei größeren Konzentrationen von Verunreinigungen hat sich gezeigt, daß der Einsatz von Kerzenfiltern unwirtschaftlich ist, da ihre Einsatzdauer und Lebenszeit zu gering sind (3).

Ausgehend von den zu verarbeitenden Abwässern (Tab. 1) verbleibt somit als einzig mögliches Verfahren die Anschwemmfiltration.

II. Aufgabenstellung

Als Hauptaufgabe unserer Untersuchungen stellte sich die Festlegung der technologischen Bedingungen für eine wirksame Anschwemmfiltration, bei der sowohl eine gute Entfernung der mechanischen Verunreinigungen (eventuell auch der Detergentien) als auch eine bestmögliche Dekontamination des Wassers erreicht wird.

Darüber hinaus galt es, auf experimentellem Wege zu prüfen, unter welchen Arbeitsbedingungen die Anschwemmfiltration als selbständiges Dekontaminationsverfahren eingesetzt werden kann (insbesondere für Aktivwäscherei- und ähnliche Abwässer).

III. Beschreibung der Experimente und der angewandten Untersuchungsverfahren

Um die technologischen Bedingungen für eine effektive Anschwemm-

filtration festzulegen, führten wir eine Reihe von Experimenten aus. Als konkrete Ergebnisse erwarteten wir Aufschluß über die Wirksamkeit der Dekontamination und Reinigung der vorhandenen Abwassertypen (Tab. 1) bei der Filtration durch verschiedene Anschwemmfilterkuchen. Es wurden nur solche Abwassersorten ausgewählt, deren Konzentration an ungelösten Stoffen 400 mg/l nicht überstiegen. Gewöhnlich werden nur Flüssigkeiten mit weniger als 100 mg/l ungelöste Stoffe in Anschwemmfilteranlagen mit Grundanschwemmung bearbeitet (4).

Die Experimente wurden unter der Voraussetzung aufgebaut, daß die vorhandenen stark verschmutzten Wässer, insbesondere die Abwässer aus der Aktivwäscherei, den Oberflächenwässern ähnlich sind.

Wie bekannt (5), läßt sich die Reinigung solcher Wässer durch Anschwemmfiltration mit einer Grundanschwemmung aus Asbestkomponenten erfolgreich durchführen. Die Praxis der Anschwemmfiltration hat gezeigt, daß mit zunehmender Verschmutzung der Flüssigkeit die Filtrationsgeschwindigkeit verringert werden muß (im Fall von Flußwasser mit einer Konzentration an ungelösten Stoffen von max. 100 mg/l wird bei Anschwemmfiltration mit einer in der Praxis (5) geprüften Filtriergeschwindigkeit von 1,5 - 3,0 m/h = 1,5 - 3,0 m³/m²·h gefahren).

Ausgehend von dieser Tatsache wählten wir für unsere Experimente mit Wässern, deren Gehalt an ungelösten Stoffen sich zwischen 100 und 400 mg/l bewegte, eine Filtriergeschwindigkeit von 0,8 - 1,2 m/h. Bei weniger verunreinigtem Wasser wandten wir größere Geschwindigkeiten an. Als Filtrationsart wurde die Filtration mit Grundanschwemmung und laufender Dosierung eingesetzt.

Die Grundanschwemmung sollte ein genügend klares Filtrat sichern und ein Verstopfen des Materialfilterträgers der Anschwemmfilteranlage verhindern. Die laufende Dosierung von Filterhilfsmitteln ermöglicht die Verbesserung der Filtrierfähigkeit einer Flüssigkeit und das Erreichen von Zyklen mit maximaler Länge und gleichmäßig hoher Reinheit.

Der Grund dafür ist, daß die Arbeits-Oberfläche des Filterkuchens ständig erneuert wird. Die suspendierten Feststoffe und die Filterhilfsmittelpartikel bauen sich gemeinsam auf und ver-

hindern die Bildung einer flüssigkeitsundurchlässigen Schicht. So wird der Kuchenwiderstand gegen den Durchfluß sehr stark verringert. Ein weiterer Vorteil der laufenden Dosierung von Filterhilfsmitteln besteht darin, daß die Zugabe-Geschwindigkeit des Filterhilfsmittels jederzeit während des Zyklus geändert werden kann. Man kann sie erhöhen, um die Durchflußgeschwindigkeit zu vergrößern, oder aus Gründen der Wirtschaftlichkeit verringern, wenn es mit Rücksicht auf die Klarheit des Filtrats möglich ist. Die empfohlene Filterhilfsmittelmenge für die Grundanschwemmung (4) liegt bei $250 - 750 \text{ g/m}^2$ Filterfläche. Für die laufende Dosierung besteht die Faustregel, Filterhilfsmittel als laufende Dosierung im gleichen Gewicht zuzugeben, wie Feststoffe in der Flüssigkeit enthalten sind. Eine gute Grundanschwemmungsschicht besteht aus einem Gemisch von Asbest und Diatomite, wie es auch durch unsere Versuche bestätigt wurde (die Mischung von Aktivkohle mit Asbest ergab eine ungenügende Haftung der Grundanschwemmungsschicht an den Filterträgern und einen ungenügenden Klarlauf des Filtrats).

In unseren Experimenten haben wir Asbestfaser der Firma Mache-rey und Nagel, Düren, vom Typ MN 103 und Kieselgur der Firma Dicalite vom Typ 4200 eingesetzt. Das Mischungsverhältnis von Asbestfasern zu Kieselgur betrug dabei 1:2 bis 1:4 (Gewichts-teile). Für die laufende Dosierung haben wir Perlite vom Typ 4158 oder vom Typ 478 der Firma Dicalite eingesetzt. Um die Sorptionsfähigkeit des Filterkuchens zu verbessern, haben wir in einigen Experimenten als zweite Grundanschwemmungsschicht Aktivkohle der Firma Hoesch, Düren, der Körnung 0 - 1 mm oder Ionenaustausch-Pulverharze der Firma Bayer Leverkusen vom Typ A 10 und A 50 aufgebracht. Die Menge betrug jeweils $270 - 400 \text{ g/m}^2$ Filterfläche, d.h., daß die Menge der unteren Grenze des empfohlenen Filterhilfsmittelbedarfs entspricht.

Bei jedem Arbeitszyklus haben wir die Veränderungen der Wasser-qualität vor und nach dem Anschwemmfilter (AF) bestimmt. Die nötigen Proben wurden in der Regel in einstündigen Intervallen gezogen, was ein τ von 0,1 - 0,3 ergibt. Dabei entspricht τ der in einem Arbeitszyklus durchgesetzten Gesamtwassermenge. In den Proben wurden folgende Kenngrößen analytisch ermittelt:

1) Spezifische α -Aktivität	$s^{-1} \cdot l^{-1}$
2) Spezifische β -Aktivität	$s^{-1} \cdot l^{-1}$
3) Konzentration an ungelösten Stoffen	mg/l
4) Detergentiengehalt	mg/l

Daneben wurde auch die spezifische α - und β -Aktivität nach der Filtration der Proben durch ein Membranfilter (MF) mit einer Porenweite von 0,45 μm festgestellt. Die angewandten Analysemethoden sind in (1) beschrieben worden.

Während des Arbeitszyklus wurden ständig der Druckverlust und die Durchflußmenge kontrolliert (nach der Anweisung der Herstellerfirma darf der Druckverlust aus mechanischen Gründen 3,5 kp/cm^2 nicht übersteigen). Bei allen Operationen haben wir uns an die Betriebsvorschriften des Herstellers (6) gehalten.

Die Grundanschwemmung wurde mit einer Geschwindigkeit von ca. 4 m/h aufgebracht. Mit Hilfe eines Vibrators (Fig. 4) konnte, nachdem die im Filter befindliche Restwassermenge abgelassen war, der Filterkuchen abgerüttelt und im entwässerten Zustand in ein Abfallfaß gegeben werden. Auf diese Weise fiel kein radioaktives Abfallwasser für eine weitere Aufarbeitung an.

IV. Versuchsergebnisse

Die für eine Beurteilung notwendigen Daten der wichtigsten Experimente sind in den Tabellen 2 bis 12 zusammengestellt:

- 1) Spez. α - und β -Aktivität des Wassers vor und nach dem AF
- 2) Spez. α - und β -Aktivität des Rohwassers nach einer Filtration durch ein Membranfilter (0,45 μm Porenweite)
- 3) Die aus den Werten 1) und 2) sich ergebenden Dekontaminationsfaktoren (D_{MF}^{α} , D_{AF}^{α} , D_{MF}^{β} , D_{AF}^{β}) und die daraus errechneten Effektivitätsindizes (E_{α} , E_{β}).
- 4) Filtriergeschwindigkeiten
- 5) Momentaner Druckverlust

Alle diese Werte sind für jeweils einen bestimmten τ -Wert aufgeführt.

- Der Dekontaminationsfaktor $D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$

repräsentiert den höchstmöglichen α -Dekontaminationsgrad, der bei einer Feinfiltration erreicht werden kann. Hierbei ist A_1^α die spez. α -Aktivität des Rohwassers und A_2^α die spez. α -Aktivität des Wassers nach einer Filtration durch ein MF mit einer Porenweite von 0,45 μm .

$$\text{- Der Dekontaminationsfaktor } D_{AF}^\alpha = \frac{A_1^\alpha}{A_3^\alpha}$$

stellt den mittels Anschwemmfiltration tatsächlich erreichten α -Dekontaminationsgrad dar, wobei A_3^α die spez. α -Aktivität des Filtrats nach AF angibt.

Die entsprechenden β -Dekontaminationsfaktoren D_{MF}^β und D_{AF}^β sowie die spez. β -Aktivitäten A_1^β , A_2^β und A_3^β sind völlig analog definiert.

$$\text{- Die Effektivitätsindizes } E_\alpha = \frac{D_{AF}^\alpha}{D_{MF}^\alpha} \cdot 10^2 [\%] \text{ und}$$

$$E_\beta = \frac{D_{AF}^\beta}{D_{MF}^\beta} \cdot 10^2 [\%]$$

drücken die relative Abweichung des erreichten Dekontaminationsfaktors vom höchstmöglichen in Prozent aus.

- Gleichzeitig sind in den Tabellen die wichtigsten Kenndaten der experimentellen Bedingungen aufgeführt.

In Tabelle 13 sind die Daten über die Detergentien im Rohwasser und im Filtrat zusammengestellt.

Die Charakteristik der vorhandenen Abwasserarten ist aus Tabelle 1 ersichtlich.

In den Figuren 5 (Experiment 5) und 6 (Experiment 6) sind zur Veranschaulichung Filterkuchen abgebildet.

V. Beurteilung der Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse bestätigen die Brauchbarkeit eines Anschwemmfiltrationsverfahrens für die Aufarbeitung radioaktiver Abwässer der Kernforschungsanlage Jülich und zeigen die Möglichkeit, ein ausreichend klares Filtrat bei gleichzeitigem wesent-

lichem Dekontaminationseffekt zu erhalten.

Die Werte der Experimente 1 - 5, 7, 8, 10 und 11 (Tabelle 2 - 6, 8, 9, 11 und 12) lassen den Schluß zu, daß die Anschwemmfiltration als selbständiges Dekontaminationsverfahren eingesetzt werden kann. Durch die Experimente haben wir nachgewiesen, daß eine Mischung aus Asbest und Kieselgur am besten für eine Grundanschwemmung geeignet ist, insbesondere bei einer Zusammensetzung von 500 g Asbest und 1600 g Kieselgur Dicalite 4200. Bei einer solchen Schicht, welche zusätzlich mit 800 g Aktivkohle abgedeckt ist, sind die Werte für die Effektivitätsindizes E_α und E_β zwischen 90 - 100% *, d.h., daß der höchstmögliche Dekontaminationsgrad praktisch erreicht wurde.

Aus diesem Grunde empfehlen wir für den Einsatz der Anschwemmfiltration als selbständiges Dekontaminationsverfahren folgende Grundanschwemmung:

I. Schicht: 500 g (160 g/m^2) Asbest und 1600 g (510 g/m^2)
Dicalite

II. Schicht: 800 g (250 g/m^2) Aktivkohle.

Unumgänglich ist bei diesen Abwässern eine laufende Dosierung mit Filterhilfsmitteln, um die Durchlässigkeit des Filterkuchens zu erhalten. Fällt die Dosierung der Filterhilfsmittel aus, so steigt der Druckverlust sehr schnell an.

Ausgehend von unseren Erfahrungen während der Experimente kann man für die laufende Dosierung eine 1- bis 2%ige Filterhilfsmittel-Wasser-Suspension als günstigste Konzentration empfehlen. In diesem Falle treten die wenigsten Störungen auf.

Für Abwässer mit einer Konzentration an ungelösten Stoffen von 100 bis 200 bzw. 250 mg/l empfehlen wir eine 1%ige Suspension als laufende Dosierung bei 200 l/h (siehe Experiment 5). Für größere Konzentrationen ungelöster Stoffe kann empfohlen werden:

*In den Fällen, in welchen der E-Wert 100% übersteigt, vermuten wir neben einem möglichen Fehler auch eine Dekontaminierung durch Sorptionserscheinungen.

300 l/h (ca. 1,5%ige Suspension) für Abwässer mit 250 -
350 mg/l ungelöste Stoffe, bzw.
400 l/h (ca. 1,5%ige Suspension) für Abwässer mit 350 -
450 mg/l ungelöste Stoffe.

Um einen ausreichend langen Arbeitszyklus zu erhalten, darf die Filtriergeschwindigkeit 1,2 m/h nicht überschreiten. Als ein Durchschnittswert kann 1 m/h gelten. Unter diesen Voraussetzungen kann man für einen Arbeitszyklus mit einem Rohwasserdurchsatz von mindestens 10 m^3 rechnen (siehe Experiment 4). Wie Experiment 5 zeigt, sind auch wesentlich größere Mengen erreichbar (21 m^3 /Arbeitszyklus). Die Experimente 5 bis 9 haben gezeigt, daß sich mit einer Grundanschwemmung aus 350 g Asbest und 1800 g Dicalite 4200 als I. Schicht ebenfalls ein ausreichender Klarlauf bei nur geringfügig schlechterem Dekontaminationsgrad erzielen läßt. Diese Grundanschwemmungszusammensetzung kann ohne weiteres in solchen Fällen eingesetzt werden, wo die Anschwemmfiltration nicht als selbständiges Dekontaminationsverfahren eingesetzt wird.

Tabelle 13 zeigt nur eine geringfügige Entfernung der anionenaktiven Detergentien aus dem Rohwasser unter unseren Versuchsbedingungen. Die Resultate der Experimente 6 bis 11 lassen eine verbesserte Sorptionskapazität des Filterkuchens im Vergleich mit den Experimenten 1 bis 5 erkennen. Wir vermuten, daß diese Tendenz mit der feineren Körnung des Filterhilfsmittels Dicalite 478 im Vergleich mit Dicalite 4158 zusammenhängt. Um diese Annahme zu bestätigen, müssen weitere Experimente mit noch feineren Dicalite-Arten (Dicalite 438 und 418) durchgeführt werden.

Der Einsatz von Ionenaustausch-Pulverharzen als II. Schicht für die Grundanschwemmung zeigte bei unserem salzreichen Wasser keine feststellbare Verbesserung der Dekontaminationseffektivität des Filterkuchens (siehe Experiment 7 und 8).

Der überschlägige Vergleich der im folgenden aufgeführten Betriebskosten fußt auf einer Auswertung unserer oben beschriebenen Experimente, berücksichtigt aber nicht die Baukosten und die Amortisation der Dekontaminationsanlage der KFA. Es wird

auch nur der Fall untersucht, in dem die Anschwemmfiltration als selbständiges Dekontaminationsverfahren eingesetzt wird.

Destillation (Leistung $2 \text{ m}^3/\text{h}$)

1. Personalkosten: 1,5 Mann	= 32,00 DM/h	16,00 DM/m ³
2. Elektroenergie: $88 \text{ kW/h} \cdot 0,10 \text{ DM/kWh}$	= 8,80 DM/h	4,40 DM/m ³
3. Kühlwasser : $5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,32 \text{ DM/m}^3$	= 1,60 DM/h	0,80 DM/m ³
4. Dampf : 35 kg/h	= 0,73 DM/h	0,37 DM/m ³
5. Reagentien : keine		<u>0,00 DM/m³</u>
	Destillat:	21,57 DM/m ³

Ionenaustausch (Leistung $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$, 12 mval/l)

1. Personalkosten: 1,5 Mann	= 32,00 DM/h	9,40 DM/m ³
2. Elektroenergie: $12 \text{ kW/h} \cdot 0,10 \text{ DM/kWh}$	= 1,20 DM/h	0,35 DM/m ³
3. Leitungswasser: $0,120 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot 0,32 \text{ DM/m}^3$		0,04 DM/m ³
4. Abfallwasser : $0,182 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot 21,57 \text{ DM/m}^3$ *		3,90 DM/m ³
5. Reagentien : 108,90 DM = 525 val = $43,8 \text{ m}^3$		2,50 DM/m ³
6. Regeneration : 1,5 Mann/Tag = 256,00 DM bezogen (Personalkosten) auf $43,8 \text{ m}^3$ erzeugtes Deionat		<u>5,90 DM/m³</u>
	Deionat:	22,09 DM/m ³

Anschwemmfiltration (Leistung $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$)

1. Personalkosten: 1,5 Mann	= 32,00 DM/h	10,60 DM/m ³
2. Elektroenergie: $12 \text{ kW/h} \cdot 0,10 \text{ DM/kWh}$	= 1,20 DM/h	0,40 DM/m ³
3. Reagentien :		
a) Grundanschwemmung: Asbest		0,28 DM/m ³
Dicalite 4200		0,15 DM/m ³
Aktivkohle		0,48 DM/m ³
b) laufende Dosierung: Dicalite 4158 (200 l/h, 1%ig)		<u>0,48 DM/m³</u>
	Filtrat:	12,39 DM/m ³

Diese Kostenrechnung wurde für einen Arbeitszyklus mit folgenden Daten aufgestellt:

1) durchgesetzte Wassermenge	10 m^3
2) durchschnittliche Leistung	$3 \text{ m}^3/\text{h}$

* Damit sind die Folgekosten für die Weiterverarbeitung des Abfallwassers im Großverdampfer berücksichtigt.

3) Grundanschwemmung:

500 g Asbest (5,50 DM/kg)
 1600 g Dicalite 4200 (0,92 DM/kg)
 800 g Aktivkohle (6,00 DM/kg)

4) laufende Dosierung:

200 l/h einer 1%igen Suspension von Dicalite 4158
 (0,72 DM/kg)

VI. Schlußfolgerungen

Mit unserer Anschwemmfilteranlage lassen sich die schwach radioaktiven Betriebsabwässer der KFA Jülich zu ausreichend klaren Filtraten aufarbeiten. Gleichzeitig ist ein wesentlicher Dekontaminationseffekt zu beobachten. Es ist von Vorteil, daß bei diesem Verfahren kein nachträglich aufzuarbeitendes radioaktives Abfallwasser entsteht und daß die Filterkuchen in entwässertem, endlagerungsfähigem Zustand anfallen.

Mit dieser Arbeit sind die Betriebsbedingungen für den Einsatz der Anschwemmfiltration als selbständiges Verfahren für die Dekontamination stark verschmutzter und salzreicher Abwässer, insbesondere der Wässer aus der Aktivwäscherei, festgelegt. Eine Betriebsvorschrift für die Anschwemmfilteranlage wurde erstellt. Mit der geschilderten Technologie können die Dekontaminationskosten deutlich verringert werden: die Einsparungen gegenüber dem finanziellen Aufwand beim Einsatz von Destillation oder Ionenaustausch betragen 40 bis 50%.

Für das dieser Arbeit entgegengebrachte fördernde Interesse sind wir Herrn Dr.-Ing. K. H. Rattay, Leiter der Betriebsabteilung Dekontamination, sehr zu Dank verpflichtet. Ferner danken wir den Herren Karl Marx und Peter Jongen für die praktische Arbeit an der Anlage und den Herren W. Schlenter und Th. Müller für die Durchführung der erforderlichen Analysen.

Wir möchten auch unseren Dank Herrn Generaldirektor Dr.-Ing. A. Dentschev und Herrn Direktor Prof. A. Georgier, NIPPIES "Energoprojekt-Sofia" für die Unterstützung unserer Zusammenarbeit ausdrücken.

Literatur

- | | | |
|-----|--|--|
| (1) | Iv. Dobrevsky
P. Stipanits
E. Zange
H. Mallek
W. Jablonski
G. Zaddach | "Experimentelle Bestimmung des Wirkungsgrades einer Ionenaustauscher-Vollentsalzungsanlage für die Dekontamination radioaktiver Abwässer und die Bewertung ihrer Wirtschaftlichkeit"

KFA-Bericht JÜL-867-DE (Juni 1972) |
| (2) | J. Vostrcie | "Die Entwicklung, Theorie und Anwendung der Anschwemmfiltration bei der Wasseraufbereitung"

"Vom Wasser" XXXVII. Band, 1971
(Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.) |
| (3) | M. Aperloo | "Kondensatreinigung durch Filtration"
Vortrag vor der VGB-Speisewassertagung - 73, Essen, Oktober 1973 |
| (4) | DICALITE | "Leitfaden für industrielle Filtration - Technische Anweisung"
B - 15 G (1972) |
| (5) | G. Köhn
I. Knebusch | "Anschwemmfiltration-Einsatz, Vorausberechnung und Verhalten"
Staatliche Zentrale für Strahlenschutz (DDR)
Report SZS - 171 (1972) |
| (6) | Sparkler-
Manual | "Sparkler Vertikal-Platten-Filter"
Betriebsvorschrift (1971) |

Experiment Nr. 2

Tabelle 3

τ	α -Aktivität						β -Aktivität						W_F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nach AF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF A_1^{α}	nachMF A_2^{α}	vorMF A_3^{α}				vorMF A_1^{β}	nachMF A_2^{β}	vorMF A_3^{β}					
	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	m/h	kp/cm ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,23	11	1	1	11	11	100	1314	164	190	8,1	7,0	87	1,0	<0,1
0,68	7,7	1,2	1	6,4	7,7	>100	1550	191	204	8,2	7,6	92	0,9	0,5
0,90	6,3	1	1	6,3	6,3	100	1082	181	181	5,5	5,5	100	0,9	1,7
1,00	5,8	2,3	1	2,5	5,8	>100	1246	190	214	6,6	5,9	90	0,8	3,5

Weitere Kenndaten:

- I. durchgesetzte Wassermenge: 6,6 m³; Wasserart Nr.1 ; s.Tabelle 1;
- II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 800 g Asbest +1600 g Dicalite 4200;
II.Schicht: 800g Aktivkohle
- III. laufende Dosierung: 5,0l/h einer 2,5%igen Suspension von Dicalite 4158
- IV. Bemerkungen:
- V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungel. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr. 4													Tabelle 5	
τ	α-Aktivität						β-Aktivität						W _F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nach AF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF	nach MF	vorMF				vorMF	nach MF	vor MF					
	A_1^{α}	A_2^{α}	A_3^{α}				A_1^{β}	A_2^{β}	A_3^{β}					
s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	m/h	kp/cm ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,05	152	2,6	2,1	58	73	>100	7772	807	808	9,6	9,6	100	1,0	< 0,1
0,58	128	2,1	1	61	128	>100	6655	934	801	7,1	8,3	>100	0,9	1,4
0,81	134	4,7	1	29	134	>100	6828	1017	991	6,7	6,9	>100	0,8	3,0
0,98	118	3,6	1	33	118	>100	8803	906	898	9,7	9,9	>100	0,8	3,5

Weitere Kenndaten: I. durchgesetzte Wassermenge: 11,1 m³; Wasserart Nr. 2 ; s.Tabelle 1;

II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 500 g Asbest + 1600 g Dicalite 4200;

II.Schicht: 800 g Aktivkohle

III. laufende Dosierung: 200 l/h einer 1%igen Suspension von Dicalite 4158

IV. Bemerkungen: Dosierung betrug zwischen τ=0,23 und τ=0,45 150 l/h

V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungel. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr. 6													Tabelle 7	
τ	α-Aktivität						β-Aktivität						W _F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nachAF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF	nachMF	vorMF				vorMF	nachMF	vorMF					
	A_1^{α}	A_2^{α}	A_3^{α}				A_1^{β}	A_2^{β}	A_3^{β}					
s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	m/h	kp/cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,18	2,1	1	1	2,1	2,1	100	702	575	602	1,22	1,17	96	2,4	< 0,1
0,47	1,1	1,1	1	1	1,1	>100	666	486	611	1,37	1,08	79	2,2	0,4
0,74	1	1	1	1	1	—	675	532	610	1,26	1,11	88	2,0	0,8
1,00	1	1	1,6	1	< 1	—	541	541	627	1	< 1	< 1	1,9	1,1

Weitere Kerndaten: I. durchgesetzte Wassermenge: 49,5m³; Wasserart Nr.9 ; s.Tabelle 1;

II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 350 g Asbest + 1800 g Dicalite 4200;

II.Schicht: keine

III. laufende Dosierung: 100l/h 1% ige Suspension von Dicalite 478

IV. Bemerkungen:

V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungl. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr. 7							Tabelle 8							
τ	α -Aktivität						β -Aktivität						W_F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nach AF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF A_1^{α}	nachMF A_2^{α}	vorMF A_3^{α}				vorMF A_1^{β}	nachMF A_2^{β}	vorMF A_3^{β}					
	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	m/h	kp/cm ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,38	600	7,0	17	86	36	42	$1,68 \cdot 10^4$	593	754	28	22	79	0,95	0,6
0,53	507	8,0	13	65	39	60	$1,26 \cdot 10^4$	593	639	21	20	95	0,95	1,3
0,79	694	3,3	11	210	63	30	$1,95 \cdot 10^4$	652	646	30	30	100	0,95	2,8
1,00	586	7,7	17	76	35	46	$1,60 \cdot 10^4$	842	889	19	18	95	0,80	3,6

Experiment Nr.8										Tabelle 9				
τ	α- Aktivität						β- Aktivität						W _F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nachAF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF	nachMF	vorMF				vorMF	nachMF	vorMF					
	A_1^{α}	A_2^{α}	A_3^{α}				A_1^{β}	A_2^{β}	A_3^{β}					
s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	m/h	kp/cm ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,28	527	4,9	7,6	107	69	65	1,37 · 10 ⁴	473	473	29	29	100	0,95	0,3
0,50	717	2,7	13,0	265	55	21	1,75 · 10 ⁴	479	690	37	25	68	0,95	1,6
0,86	418	4,4	12,0	95	35	37	121 · 10 ⁴	549	607	22	20	90	0,85	3,2
1,00	554	4,3	13,0	129	43	43	151 · 10 ⁴	701	743	21	20	95	0,80	3,6

Weitere Kenndaten: I. durchgesetzte Wassermenge: 5,0 m³; Wasserart Nr.4 ; s.Tabelle 1;

II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 350 g Asbest + 1800 g Dicalite 4200;

II.Schicht: 800g Lewasorb A 10 +400g Lewasorb A 50

III. laufende Dosierung: 1% ige Suspension von Dicalite 478

IV. Bemerkungen: laufende Dosierung von T=0 -T=0,5 mit 300l/h von T=0,5 -T=1,0 mit 400l/h

V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungel. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr. 9										Tabelle 10				
τ	α -Aktivität						β -Aktivität						W_F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF	nachMF	vorMF				vorMF	nachMF	vorMF					
	A_1^{α}	A_2^{α}	A_3^{α}				A_1^{β}	A_2^{β}	A_3^{β}					
	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	$s^{-1} \cdot l^{-1}$	—	—	%	m/h	kp/cm ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,11	1,3	1,3	1,0	1,0	1,3	>100	677	622	850	1,1	< 1	< 1	7,2	0,1
0,50	4,0	1,0	1,0	4,0	4,0	100	831	634	771	1,3	1,1	85	6,6	0,4
0,79	7,7	6,0	5,5	1,3	1,4	>100	655	633	1069	1,03	< 1	< 1	6,0	0,8
0,99	11,2	4,1	4,1	2,7	2,7	100	689	671	655	1,03	1,05	>100	5,5	1,0

Weitere Kenndaten:

- durchgesetzte Wassermenge: 52 m³; Wasserart Nr.8 ; s.Tabelle 1;
- Grundanschwemmung: I.Schicht: 350g Asbest + 1800 gDicalite 4200;
II.Schicht: 800g Lewasorb A10 +400g Lewasorb A 50
- laufende Dosierung: 50l/h einer 1% igen Suspension von Dicalite 478
- Bemerkungen: es wurde Filtrat aus vorausgegangenen Versuchen durchgesetzt
- Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungel. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr.10							Tabelle 11									
τ	α- Aktivität						β- Aktivität						W _F	Δp		
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nach AF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$				
	vorMF A ₁ ^α	nachMF A ₂ ^α	vorMF A ₃ ^α				vor MF A ₁ ^β	nachMF A ₂ ^β	vor MF A ₃ ^β							
	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹				s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹			m/h	kp/cm ²			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
0,28	458	15	8,6	30,5	53,3	>100	3,4 · 10 ⁴	1072	1072	31,7	31,7	100	1,0	< 0,1		
0,56	489	15	5,4	32,6	90,7	>100	4,1 · 10 ⁴	1049	821	39,0	49,8	>100	1,0	1,0		
0,83	582	10	4,3	58,2	135,3	>100	4,3 · 10 ⁴	924	951	47,0	45,6	97,5	1,0	2,6		
0,97	500	11	9,8	45,5	51,0	>100	3,9 · 10 ⁴	1085	1294	35,5	29,7	83,7	0,85	3,3		

Weitere Kenndaten:

I. durchgesetzte Wassermenge: 3,6 m³; Wasserart Nr. 7 ; s.Tabelle 1;

II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 500g Asbest + 1600 gDicalite 4200;

II.Schicht: 800g Lewasorb A10 + 400g Lewasorb A50

III. laufende Dosierung: 400l/h einer 1%igen Suspension von Dicalite 478

IV. Bemerkungen:

V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar, ungel. Stoffe <1mg/l

Experiment Nr. 11

Tabelle 12

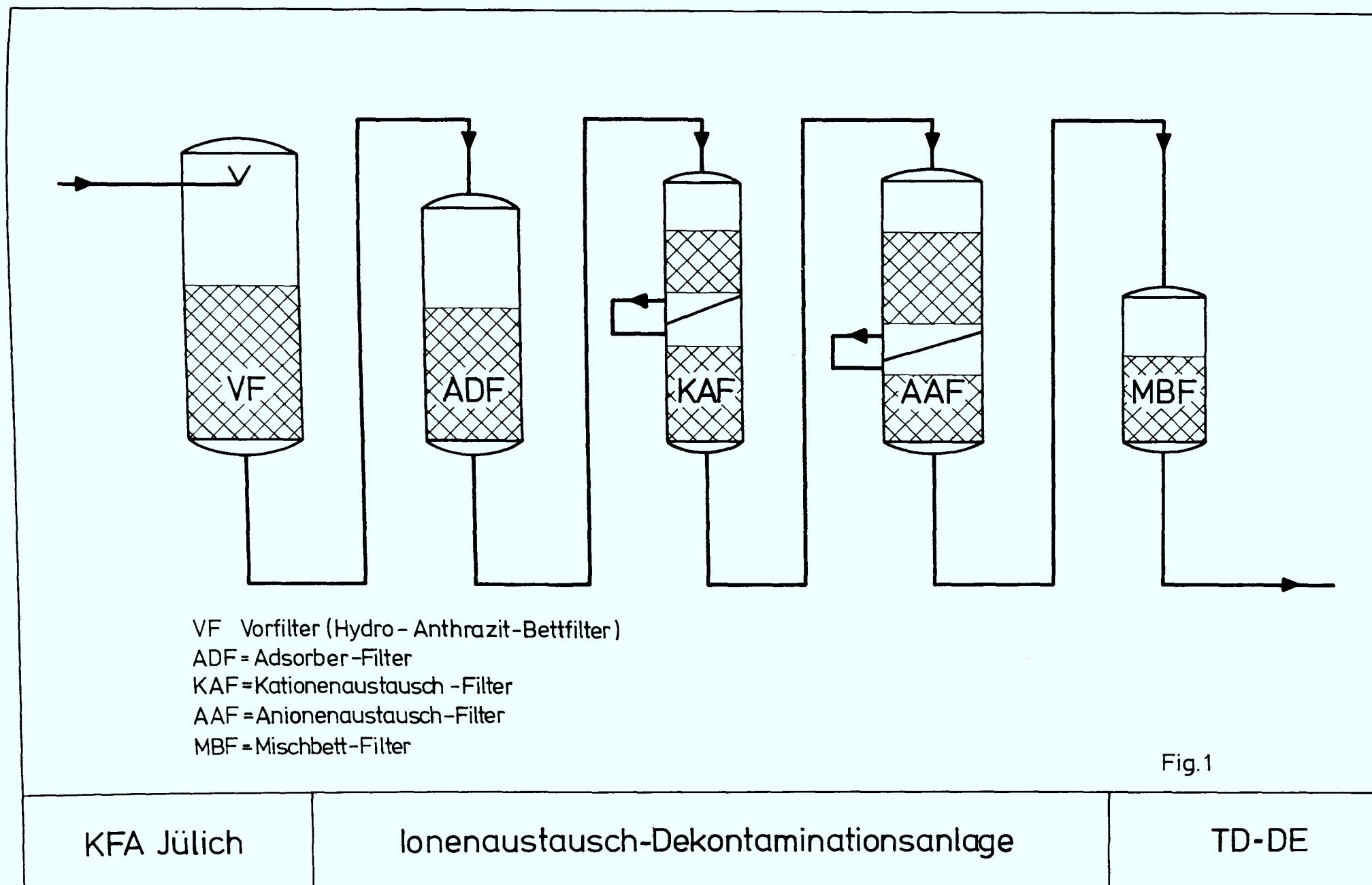
T	α- Aktivität						β- Aktivität						W _F	Δp
	vorAF	vorAF	nachAF	$D_{MF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_2^{\alpha}}$	$D_{AF}^{\alpha} = \frac{A_1^{\alpha}}{A_3^{\alpha}}$	$E_{\alpha} = \frac{D_{AF}^{\alpha}}{D_{MF}^{\alpha}} \cdot 10^2$	vorAF	vor AF	nachAF	$D_{MF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_2^{\beta}}$	$D_{AF}^{\beta} = \frac{A_1^{\beta}}{A_3^{\beta}}$	$E_{\beta} = \frac{D_{AF}^{\beta}}{D_{MF}^{\beta}} \cdot 10^2$		
	vorMF	nachMF	vorMF				vorMF	nachMF	vorMF					
	A_1^{α}	A_2^{α}	A_3^{α}											
	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	s ⁻¹ · l ⁻¹	—	—	%	m/h	kp/cm ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	25	1	1	25	25	100	4576	706	1196	6,48	3,83	59,0	4,0	0,6
	39	1	1	39	39	100	3828	636	1072	6,02	3,70	61,5	3,2	1,3
	11	1	1	11	11	100	2269	661	881	3,44	2,58	75,0	3,2	2,9
	20	1	1	20	20	100	3878	677	929	5,73	4,17	72,6	2,6	3,5

Weitere Kenndaten:

- I. durchgesetzte Wassermenge: 18 m³; Wasserart Nr. 3 ; s. Tabelle 1;
- II. Grundanschwemmung: I.Schicht: 500g Asbest + 1600g Dicalite 4200;
II.Schicht: 800g Aktivkohle
- III. laufende Dosierung: 200 l/h einer 1% igen Suspension von Dicalite 478
- IV. Bemerkungen:
- V. Filtrat-Charakteristik: völlig klar; ungel. Stoffe < 1 mg /l

Tabelle 13

Detergentien	Exp. 1		Exp. 2		Exp. 4		Exp. 5		Exp. 6		Exp. 7		Exp. 8		Exp. 9		Exp. 10		Exp. 11	
	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_1}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_2}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_4}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_5}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_6}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_7}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_8}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	τ_{E_9}	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	$\tau_{E_{10}}$	$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	$\tau_{E_{11}}$
vor AF :	15	0,13	2,8	0,23	0,3	0,05	0,6	0,10	1,1	0,18	5,7	0,38	5,8	0,28	0,4	0,11	2,7	0,28	4,7	0,22
nach AF :	1,4		2,6		0,2				0,7		4,2		2,5		0,2		1,9		3,5	
vor AF:	1,8	0,33	3,1	0,68	0,3	0,58	0,8	0,54	1,0	0,47	6,0	0,53	5,8	0,50	1,3	0,50	2,4	0,56	4,5	0,39
nach AF:	1,8		2,8		0,2		1,5		0,8		4,6		4,0		0,1		1,4		2,2	
vor AF :	3,3	0,70		0,90	0,3	0,81	0,7	0,78	1,0	0,74	6,6	0,79	5,9	0,86	5,1	0,79	2,0	0,83	5,0	0,78
nach AF :	2,1				0,7		0,4		0,7		5,6		4,1		2,0		2,0		4,0	
vor AF:	2,8	1,00	2,0	1,00	0,3	0,98	1,5	0,98	1,0	1,00	6,2	1,00	6,1	1,00	3,3	0,99	0,7	0,97	5,1	0,99
nach AF:	2,0		2,8		0,6		0,6		0,7		5,5		3,9		2,7		0,2		3,1	



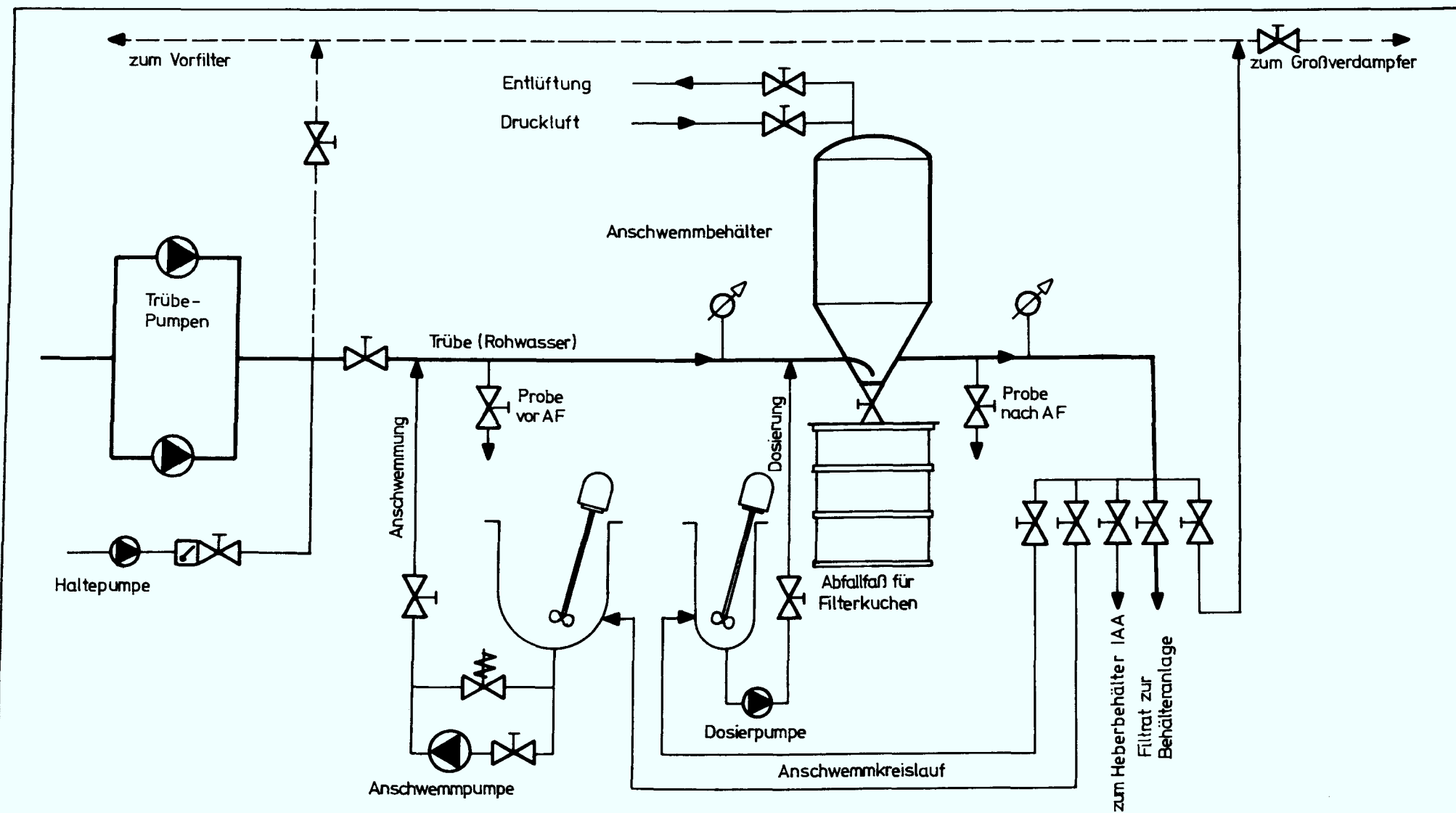


Fig. 2

KFA Jülich	Platten-Anschwemmfilter-Dekontaminationsanlage mit Grundanschwemmung und laufender Dosierung	TD-DE
		Februar/März 1974

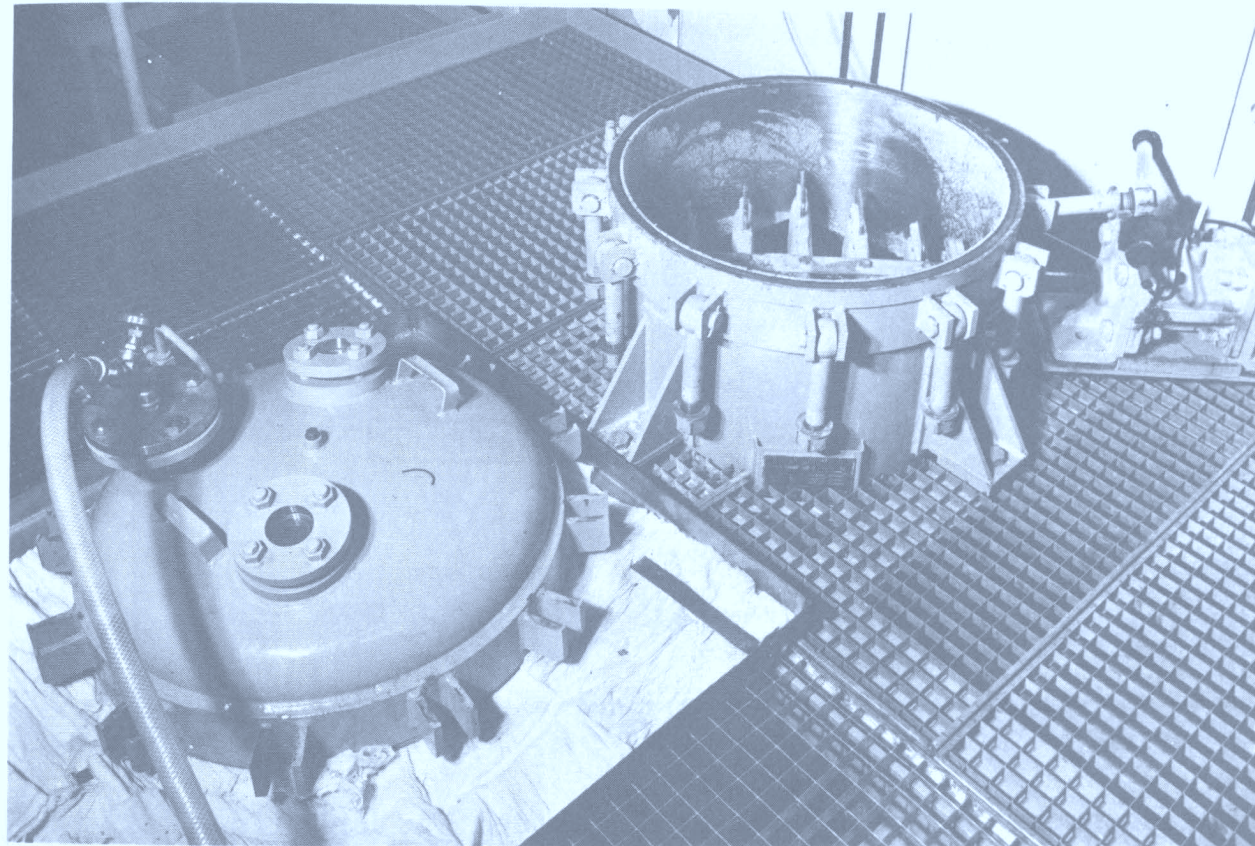


Fig.3

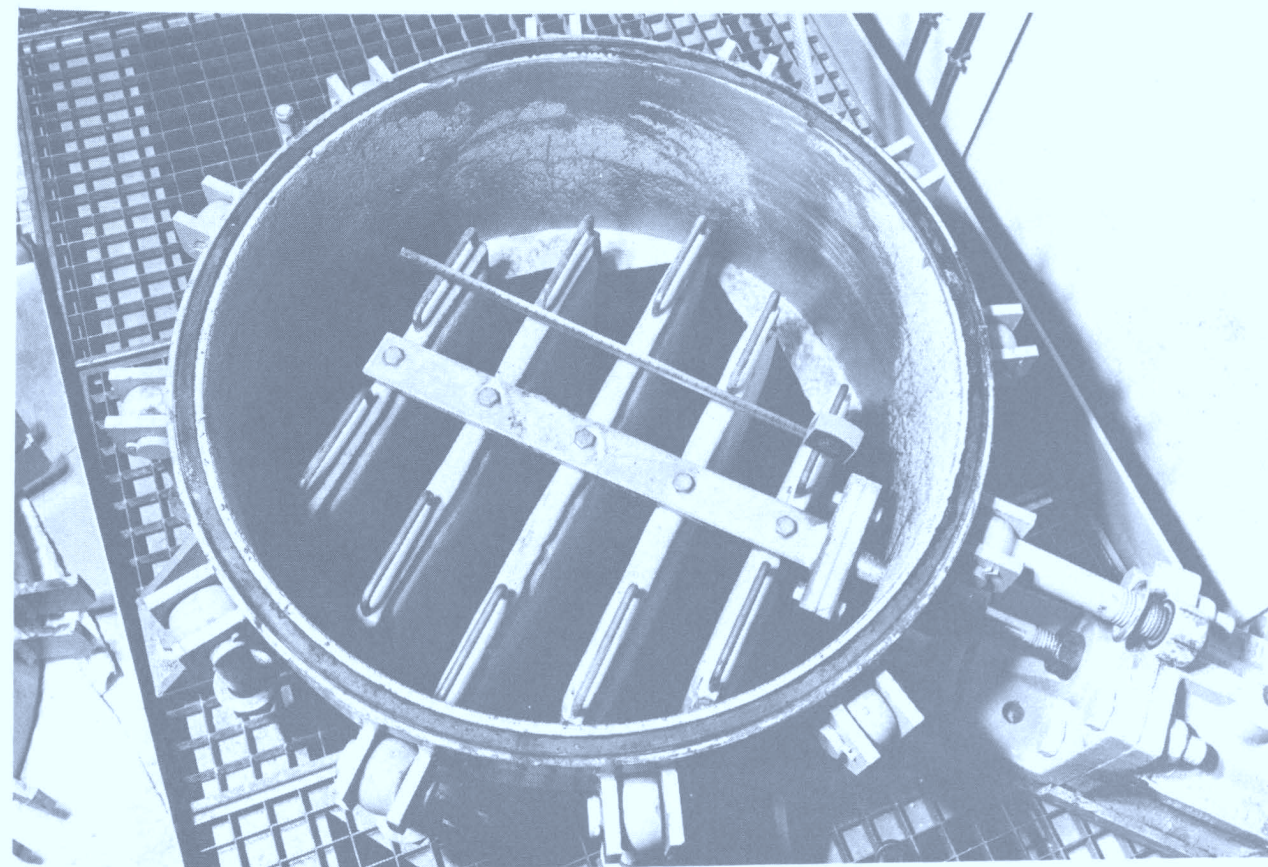


Fig. 4

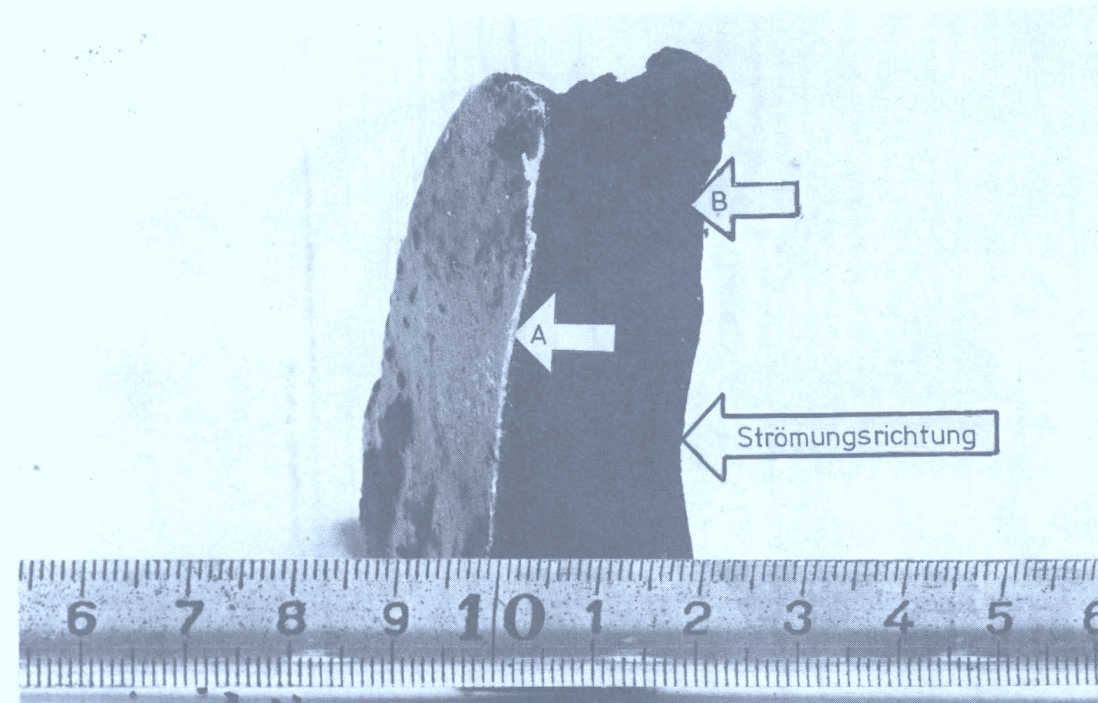


Fig.5a

- A Grundanschwemmung (weiße Schicht) aus dem Filterhilfsmittel
- B Filterkuchen, bestehend aus dem Filterhilfsmittel und den auszufilternden Feststoffen

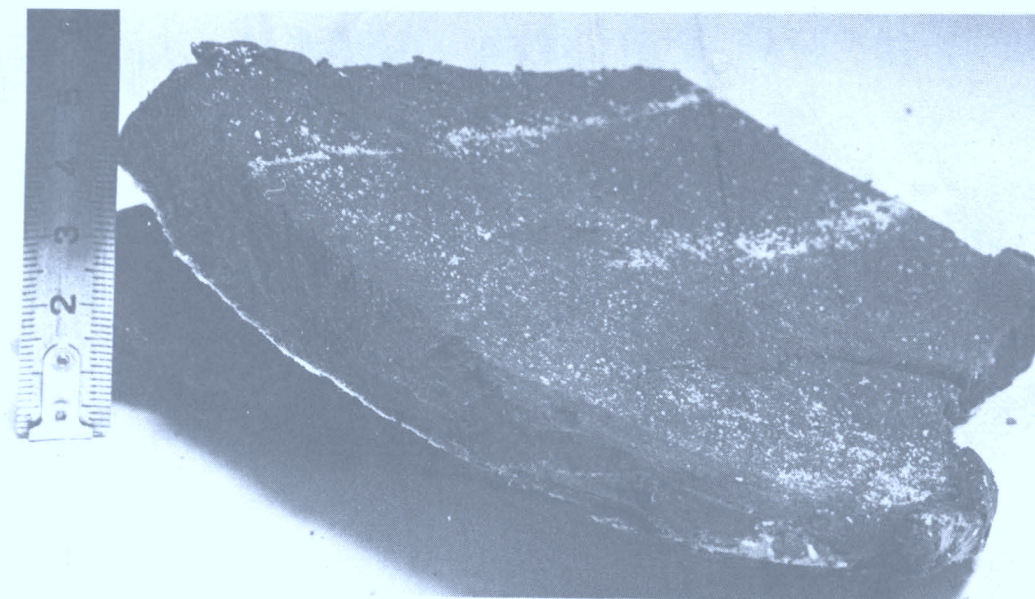


Fig.5b

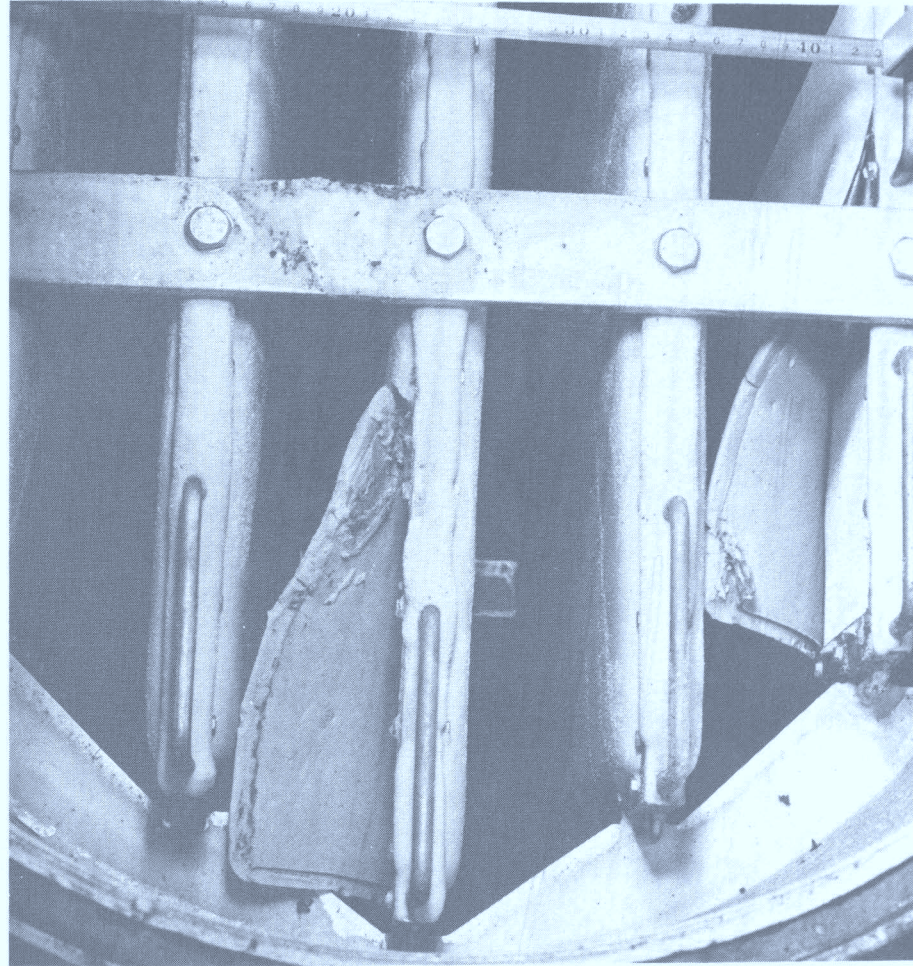


Fig. 6

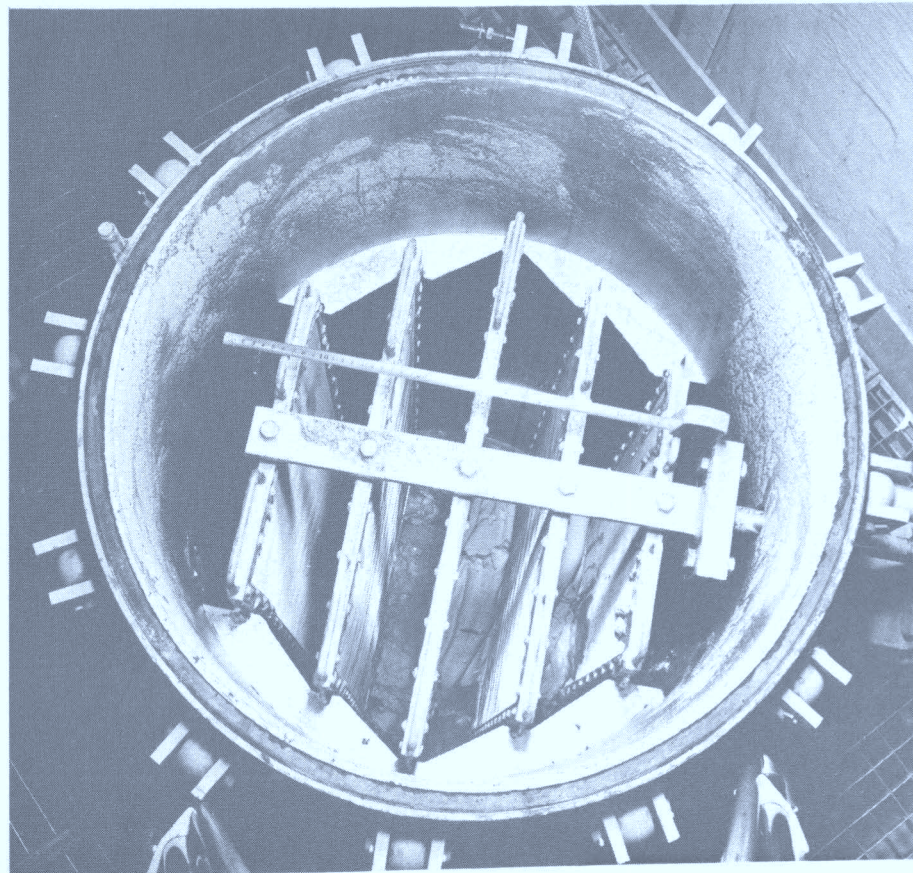


Fig. 7