

KfK 2762
März 1979

Entwicklung von Abscheidern für chemisch aggressive Aerosole

S. Jordan, W. Lindner
Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik I

KfK 2762

Entwicklung von Abscheidern für
chemisch aggressive Aerosole

S. Jordan

W. Lindner

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt.
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Kurzfassung

Im Rahmen eines Forschungsprogrammes wurden verschiedene Verfahren zur Abscheidung chemisch aggressiver fester Aerosole getestet. Die Arbeiten wurden im Zusammenhang mit der Einführung des schnellen natriumgekühlten Brutreaktors durchgeführt. In dieser Anlage können bei einem Störfall Natriumbrände auftreten. Das dabei entstehende Natriumbrandaerosol wurde als Testaerosol verwendet.

Es wurden Glasfaserfilter, Naßabscheider und Sandbettfilter untersucht. Glasfaserfilter und Naßabscheider sind herkömmliche Verfahren; für die Untersuchungen wurden kommerziell eingeführte Anlagen verwendet. Sandbettfilter werden z.Z. nur für sehr spezielle Anwendungsfälle, besonders in kerntechnischen Anlagen in den USA, eingesetzt. Ausgehend vom Stand der internationalen Entwicklung werden Mehrschichten-Sandbettfilter kleiner Baugröße getestet und im Hinblick auf Abscheidegrad, Beladbarkeit und Differenzdruck für verschiedene Anwendungsfälle optimiert. Die experimentellen Ergebnisse werden durch theoretische Überlegungen ergänzt.

Abschließend werden die mit den drei getesteten Abscheidern gewonnenen Ergebnisse gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß Mehrschichten-Sandbettfilter hinsichtlich des Abscheidegrades und des Differenzdruckes mit Glasfaserfiltern (HEPA-Qualität) vergleichbar sind. Die spezifische Beladbarkeit ist jedoch wesentlich höher.

Abstract

Development of filtering devices for chemical aggressive aerosols

Different types of filtering devices were tested to deposit chemical aggressive aerosols. These tests were performed in connection with safety experiments for sodium cooled fast breeder reactors. In these reactors sodium fires may occur accidentally. Sodium fire aerosols were used as test aerosols.

Glas fiber filters, wet scrubbers and sandbed filters were investigated. Commercially available fiber filters and scrubbers were used. Small sized multilayer sandbed filters were developed and optimized with respect to high deposition rate and load capacity and low pressure drop. The experimental results are explained by theoretical calculations.

The results of the three different precipitators are compared. Multi-layer sandbed filters are with respect to deposition rate and pressure drop similar to fiber filters. Nevertheless the load capacity of a sandbed filter is much higher.

<u>Inhalt</u>	Seite
1. Einleitung	1
2. Versuchsanordnung	2
3. Abscheider für Natriumbrandaerosole	3
3.1 Glasfaserfilter	3
3.2 Mehrschichten-Sandbettfilter für hohe Abscheidegrade	4
3.3 Mehrschichten-Sandbettfilter für hohe Beladbarkeit	6
3.4 Modelltheorie für Sandbettfilter	6
3.5 Naßabscheider	8
Literatur	9

1. Einleitung

In chemischen und kerntechnischen Anlagen ist es erforderlich, chemisch aggressive Aerosole abzuscheiden. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Schadstoffe schließen dabei oftmals den Einsatz herkömmlicher Abscheideverfahren aus.

Mit der Einführung natriumgekühlter schneller Brutreaktoren ist es erforderlich geworden, Störfälle, bei denen heißes Natrium freigesetzt wird, zu beherrschen. Bei der Freisetzung von heißem Natrium in normaler Atmosphäre entstehen Natriumbrände. Das dabei entstehende Aerosol stellt durch seine teilweise toxischen Eigenschaften eine Umweltbelastung dar.

Im Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurden herkömmliche Abscheideverfahren (Glasfaserfilter, Naßabscheider) für die Abscheidung dieser chemisch aggressiven Aerosole getestet. Als Alternative zu den genannten Verfahren wurden Mehrschichtensandbettfilter entwickelt und für verschiedene Anwendungsfälle (Vorfilter, Hochleistungsfilter) optimiert. Sandbettfilter sind für die Abscheidung chemisch aggressiver Aerosole besonders geeignet, da das Filtermedium weitgehend inert ist, eine hohe Wärmebeständigkeit aufweist und gegenüber Druckstößen relativ unempfindlich ist.

Obwohl Sandbettfilter seit langem bekannt sind, wurden ihre Eigenschaften erst in neuerer Zeit näher bestimmt. Insbesondere in den USA wurden große Sandbettfilter (SBF) eingesetzt und untersucht. Diese SBF werden in einer Grube von mehreren Meter Tiefe auf luftdurchlässigen Betonsteinen aufgeschichtet. Der gesamte Filter hat die Abmessungen einer Halle von bis zu 100 m Länge und 30 m Breite. Die größte Filteranlage dieser Art ist für 6000 m³/min ausgelegt. Bisher sind 10 Anlagen dieser Art insbesondere für die Abluftfilterung aus kerntechnischen Anlagen erstellt worden.

Obwohl diese Groß-SBF mit mehreren Sand- und Kiesschichten ausgestattet wurden, wurde dem Zusammenhang zwischen Sandkorngröße und Aerosolabscheidung wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Trotz dieser aerosolphysikalisch und schwebstofftechnisch wenig optimierten Filteranlagen wurden mit DOP-Tests erstaunlich gute Abscheidegrade erreicht. In [1] wird über Abscheidegrade bis 99,98 % (durch Vororttest mit polydisperssem DOP) berichtet.

Die eigentlich filternde Sandschicht eines SBF ist naturgemäß wesentlich dichter gepackt als bei Faserfiltern. So erreicht ein SBF einen Porositätsfaktor von etwa 0,4. Hiermit in Zusammenhang steht ein relativ großer Druckanstieg im Filter sowie eine gewisse Gefahr der Verstopfung, die von der Art des zu filternden Aerosols abhängig ist. Große Sandbettfilter der beschriebenen Art zeigten daher auch nur begrenzte Beladbarkeiten von 50 bis 100 g/m². Dennoch konnten diese Filter beachtliche Standzeiten von mehreren Jahren erreichen (was naturgemäß von der zu filternden Aerosolmasse abhängig ist), bevor der Druckanstieg bis auf Werte von etwa 200 mm H₂O anstieg und damit eine weitere Verwendung ausschloß.

Um die Schwierigkeiten des Druckanstiegs bei der Beladung zu umgehen, wurden von Squires und Mitarbeitern SBF entwickelt [2], die mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung eine kontinuierliche Auswechslung des Filtersandes gestatten. Diese Sandbettfilter sollen bei der Entstaubung und Entschwefelung von Abgasen konventioneller Kraftwerke eingesetzt werden [2]. Hierbei kommt ein sogenanntes Panel-Sandbettfilter zum Einsatz, das von dem Abgas in horizontaler Richtung durchströmt wird. Das filternde Sandgranulat befindet sich zwischen zwei vertikal angeordneten perforierten Wänden. Der Filterkuchen, der sich durch Ablagerung von Flugasche an der Sandoberfläche bildet, wird periodisch zusammen mit einer geringen Sandmenge durch einen kurzzeitigen Überdruck entgegen der Gasströmungsrichtung abgestossen [3]. Die Anlage, die bisher labormäßig entwickelt und untersucht wurde, kommt jetzt auch im technischen Maßstab zum Einsatz. Es wurden im Verlauf mehrerer Filterregenerierzyklen Abscheidegrade von 99,9 % und besser erzielt. Die Anströmgeschwindigkeiten betragen 5-20 cm/sec, wobei ein Abscheideminimum bei einer Anströmgeschwindigkeit von 10 cm/sec beobachtet wurde.

Ausgehend vom Stand der internationalen Entwicklung werden die durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dargestellt. Die Arbeiten hatten das Ziel, Sandbettfilter begrenzter Größe zu entwickeln, die besonders für die Abscheidung von Metallbrandaerosolen geeignet sind.

2. Versuchsanordnung

Die Abb. 1 zeigt ein Blockschaltbild des Versuchskreislaufes. Mittelpunkt der Anlage ist ein ca. 6 m hoher und 4,0 m³ Inhalt fassender zylindrischer

Kessel aus Edelstahl. Das Natrium schmilzt in einer Bodenpfanne, die heizbar und deren Temperatur regelbar ist. Die Pfanne läßt sich vertikal bewegen und bildet in ihrer oberen Lage mit dem Kesselboden einen gasdichten Abschluß. Das Natrium wird über eine Analysenbox unter inerter Atmosphäre in die Brandpfanne geschleust. Der Kessel ist evakuierbar. Er kann mit Gas definierter Zusammensetzung gefüllt werden. Über der Brandpfanne innerhalb des Reaktionskessels wurde eine kaminähnliche Abzugsvorrichtung errichtet, durch die die beim Brand entstehenden Aerosole in den Gaskreislauf gelangten. Dieser bestand aus dem Testfilter (Faser- oder Sandbettfilter), einem dahinter geschalteten Sicherheitsfilter, einem drehzahlgeregelten Gebläse, einem Durchflußmesser und einem Gaserhitzer. Für die Filteruntersuchungen bei verschiedenen relativen Feuchten wurde hinter den Lufterhitzer eine Befeuchtungsanlage eingebaut. Abb. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Filterkreislaufes. Bild 3 und Bild 4 zeigen die Anlage mit Fasertestfilter- und Sandbettfilteranlage.

Im Kreislauf wurden Temperatur, Sauerstoffkonzentration und Durchfluß gemessen. Am Testfilter konnten Temperatur, Druckabfall und relative Feuchte bestimmt werden. Die Aerosolmassenkonzentration und Teilchengrößenverteilungen wurden vor und hinter dem Testfilter gemessen. Die Sauerstoffkonzentration wurde während des Versuchs im Gaskreislauf konstant gehalten.

Zur chemischen Analyse des zu filternden Aerosols befanden sich am Kreislauf mehrere Probenahmestellen. Damit war es möglich, den für die Beurteilung des Filterverhaltens besonders wichtigen Natronlauge-Anteil des Aerosols zu bestimmen. Durch Messung des CO_2 -Gehaltes im Kreislauf wurde weiterhin die Reaktionszeit der Lauge zu dem weit weniger aggressiven Natriumkarbonat bestimmt. Durch Veränderung des Luftdurchsatzes im Kreislauf konnte die Reaktionszeit und damit gleichzeitig die chemische Zusammensetzung des Aerosols verändert werden. Somit bestand die Möglichkeit, die Testfilter mit Aerosolen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung zu beladen.

3.1 Glasfaserfilter

Für die Untersuchungen wurden kommerzielle Faserfilter der Sonderstufe S mit abgedichtetem Metallrahmen der Größe 305 x 305 x 150 mm (CEAG-Hochleistungs-Schwebstoff-Kanal-Luftfilter Typ F2) verwendet. Die Anströmfläche

dieser Filter betrug ca. $2,6 \text{ m}^2$. Der Gasdurchfluß des unbeladenen Filters betrug $4,0 - 4,5 \text{ m}^3/\text{min}$ (entsprechend Herstellerangabe). Die Temperatur im Gaskreislauf betrug $100-150^\circ\text{C}$.

Natrium wurde bei 21 % Anfangs-Sauerstoffkonzentration verbrannt. Innerhalb von 6 Minuten wurde der Filter mit ca. 110 g Natriumoxid beladen. Hierbei stieg der Differenzdruck am Filter von 23 mm WS auf 240 mm WS an. Der Anstieg des Filterdifferenzdruckes mit der Beladung ist in Abb. 5 wiedergegeben. Der Durchfluß sank von $4,1 \text{ m}^3/\text{min}$ auf $3,2 \text{ m}^3/\text{min}$ ab. Durch zu hohen Druck zerriß schließlich das Filtermaterial. Vergleichsweise wurde in Abb. 5 der Druckabfall an einem Sandbettfilter miteingezeichnet.

Aus der Filterbeladung und den zeitlich integrierten Durchlaßraten läßt sich ein integraler Abscheidegrad ermitteln; er betrug bei diesen Versuchen 99,98 %.

Abb. 6 zeigt im Hintergrund einen unbeladenen Faserfilter, im Vordergrund den bei einem Versuch verwendeten Filter. Deutlich waren hier nach dem Versuch Korrosionserscheinungen sowohl am beladenen Filtermaterial als auch an den Abstandshaltern erkennbar.

An beladenen Filtern wurden nach ca. 3 Tagen explosionsartige Verpuffungen beobachtet, die vermutlich auf eine Natrium-Wasser-(Luftfeuchte)Reaktion zurückzuführen waren.

Die Versuche zeigten, daß bei Glasfaserfiltern nach einer Beladung mit ca. 60 g/m^2 Natriumoxid-Aerosolen die tolerierbare Druckdifferenz am Filter erreicht ist. Glasfaserfilter können außerdem bei Beladung mit Natriumbrandaerosolen durch exotherme Reaktionen im Filter zerstört werden.

3.2 Mehrschichten-Sandbettfilter für hohe Abscheidegrade

Für die Sandbettfilter-Versuche wurde ein Filtergehäuse konstruiert und gebaut, dessen äußere Abmessungen aus Abb. 7 zu ersehen sind. Das Gehäuse ist gasdicht und kann bis zu 2 m^3 Sand aufnehmen. Die Durchströmgeschwindigkeit war von oben nach unten gerichtet. Die Anströmfläche betrug $0,76 \text{ m}^2$. Für die Schüttungen wurde Basaltsplit verwendet. Vier Sandfraktionen standen zur Verfügung, deren Medianwerte zu 0,28, 1,58, 3,0 und 9,7 mm gemessen wurden. Abb. 8 zeigt die Korngrößenverteilung der vier Basaltfraktionen. Von diesen Kurven wurden die Medianwerte abgeleitet.

Der Boden des Filters bestand aus u-förmigen, ineinandergeschachtelten Blechen, die einen ungestörten Gasabfluß gewährleisten. Darüber befindet sich im allgemeinen eine ca. 10-20 cm dicke Stützfraktion, an die sich eine Feinsandschicht anschließt. Die oberste Schicht des Filters bildet eine Grobsandschicht, in der der Hauptanteil des Aerosols abgefangen werden soll.

Es wurden Versuche mit verschiedenen Sandschüttungen zur Rückhaltung von Natriumoxid-Aerosolen durchgeführt. Jeweils 5 kg Natrium wurden während eines Versuches verbrannt. Die Aerosolmassenkonzentration wurde als Funktion der Zeit vor und nach dem Filter gemessen, und zwar vor dem Filter durch Auswaschen der Aerosole in Wasser und spätere Titration und nach dem Testfilter durch einen Massmonitor (Massenwaage). Zu jedem Zeitpunkt konnte somit aus beiden Massenkonzentrationen ein partieller Abscheidegrad ermittelt werden. Über den gesamten Versuch integriert ergibt sich dann ein Gesamtab-scheidegrad $\bar{\eta}$.

In einer ersten Versuchsserie wurde die optimale Sandschichtung im Filter hinsichtlich des Wirkungsgrades ermittelt. Eine Auswahl der Versuchsergebnisse für zwei verschiedene Schüttungen wird in Abb. 9 gezeigt. Die Schüttungen I und II unterschieden sich im wesentlichen durch einen veränderten Feinkornanteil der mittleren Schicht, wobei die Schüttung I den Vorteil geringeren Differenzdruckes am Filter hat. Bei beiden Schüttungen enthält die oberste Schicht einen Grobkornanteil, um eine größere Beladung des Filters zu erzielen. Es wurden Beladbarkeiten B_s zwischen 400 und 600 g/m² erzielt.

Abb. 10 zeigt für die Schüttung I (vgl. Abb. 9) die vor und nach dem Filter gemessenen Massenkonzentrationen und den daraus abgeleiteten differentiellen Wirkungsgrad.

In einer 2. Versuchsserie wurde für die ermittelte optimale Sandschüttung in mehreren Versuchen der Durchfluß verändert. Die Tabelle in Abb. 9 zeigt Abscheidegrad und Gesamtbeladung bei Durchflüssen von 400 bis 1000 l/min. Dem entsprechen Anströmgeschwindigkeiten zwischen 0,9 und 2,2 cm/sec. Hohe Abscheidegrade wurden bei großen und kleinen Durchflüssen beobachtet.

Die Abb. 11 zeigt für die Schüttung I den Druckabfall am Filter als Funktion der spezifischen Beladung aufgetragen. Bei geringem Durchfluß

wurde erst bei einer Beladung von 320 g/m² ein merklicher Druckanstieg beobachtet, während bei Durchflüssen über 400 l/min der Druck kontinuierlich mit der Zeit bzw. der Beladung anstieg, da die spezifische Beladung etwa linear proportional zur Zeit ist.

3.3 Mehrschichten-Sandbettfilter für hohe Beladbarkeit

Es wurden auch Sandbettfilter entwickelt, die der Vorfilterung bzw. der Grobabscheidung von Natriumoxid-Aerosolen dienen sollen. Ziel der Untersuchungen war es, ein Filter mit einem Abscheidegrad größer als 90 % und einer Beladbarkeit bis zu 1000 g/m² bei vertretbaren Differenzdrücken zu entwickeln. Die Filter wurden unter den gleichen Bedingungen wie die Hochleistungsfiler getestet [4].

Die Abb. 12 zeigt das Ergebnis der Untersuchungen. Es sind die Abscheide- und Beladungsdaten zweier Sandschüttungen angegeben, die sich durch eine zusätzliche Feinsandschicht (2c) bei Schüttung II bei entsprechender Verringerung der gröberen Schicht (2a) unterscheiden. Bei Schüttung II wurde ein Abscheidegrad von ca. 99 % erzielt, bei Schüttung I von mehr als 90 %, wobei der Anfangsdifferenzdruck bei 10 mm WS lag und bei Schüttung II nur wenige mm WS höher war. Der Differenzdruck stieg während der Beladung des Filters auf ca. 300 mm WS an (vgl. Abb.13). Das Gewicht und somit auch der Platzbedarf des Filters sind mit 450 kg etwa halb so groß wie der des Filters hoher Abscheideleistung.

3.4 Modelltheorie für Sandbettfilter

Drei Aerosolabscheideprozesse sind es, die überwiegend das Abscheideverhalten im Filter bestimmen: die Diffusion, die Sedimentation und die Impaktion. Während die Diffusion überwiegend bei geringen Gasströmungen wirksam ist, wird das Aerosol bei hohen Gasgeschwindigkeiten bevorzugt durch Impaktion abgeschieden.

Das Abscheideverhalten in einer Filterschicht läßt sich nach Gebhard et al. [5] wie folgt beschreiben:

$$P = e - (K_D + K_S + K_{Imp} + 4D_D K_S K_I) \cdot L \quad (1)$$

worin P die Durchlässigkeit, K_D , K_S , K_{Imp} die Absorptionskoeffizienten für Diffusion, Sedimentation und Impaktion sind. Auf eine Sandbettfilterschicht übertragen erhält man hieraus:

$$P = \exp \left\{ - \left(\frac{kT \epsilon f}{3\pi r_p v_o} + \frac{2r^2 \cdot g \cdot p_p \cdot \epsilon \cdot r_{coll}}{9v_o} + \frac{2}{9} \frac{\pi r_p^2 \cdot p_p v_o}{\epsilon} \right) \frac{fl}{\eta r_{coll}^2} \right\} \quad (2)$$

mit

- k = Boltzmann-Konstante
- T = absolute Temperatur
- r_p = Partikelradius
- g = Erdbeschleunigung
- p_p = Partikeldichte
- ε = Porosität
- r_{coll} = Sandkordradius
- η = Gasviskosität
- L = Kapillarlänge (Filterschichtdicke)
- f : 6,5 < f = r_{coll}/v_o < 10 nach [5]
- r_o = Kapillarenradius

Die Beziehung gilt unter den in [5] beschriebenen Voraussetzungen und gibt das Abscheideverhalten nur näherungsweise wieder, ist aber durchaus geeignet, Trenduntersuchungen durchzuführen.

Für das in Abb. 9 beschriebene Leistungsfilter ist in Abb. 14 die Filterdurchlässigkeit für die einzelnen Schichten und für das Gesamtfiter (P_{tot}) errechnet und mit experimentell ermittelten Filterwirkungsgraden bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten verglichen worden. Die Übereinstimmung ist befriedigend.

Deutlich ist eine hohe Abscheidung bei überwiegender Diffusionsabscheidung im Bereich niedriger Gasgeschwindigkeiten zu erkennen. Bei hohen Geschwindigkeiten wird die Abscheidung durch die Impaktion bestimmt.

Neben dem Abscheidegrad eines Filters ist der Druckanstieg am Filter mit der Zeit (Beladung) von Interesse. Unter Verwendung des Hagen-Poiseuill'schen Gesetzes läßt sich nach [6] eine Beziehung ableiten, die den Differenzdruck am Filter mit der Zeit bei vorgegebener Aerosolmassenkonzentration modellmäßig beschreibt.

$$\Delta p = \frac{80 \eta L v_o F}{N \cdot \pi \cdot 981 \cdot r_o^4} \exp(B \cdot t) = C \cdot \exp(B \cdot t) \quad (3)$$

mit $B = \frac{4A}{r_o}$ $C = \frac{80 \eta L v_o F}{N \cdot \pi \cdot 981 \cdot r_o^4}$ $A = \frac{4}{9} \frac{c v^{12} r_p^2}{\eta R}$

worin, soweit nicht schon beschrieben,

F = Anströmfläche
N = Anzahl der Kapillaren pro Filterquerschnitt
c = mittlere Aerosol-Massenkonzentration
 $v'' = \text{Kapillargeschwindigkeit} \quad v'' = v_0/\epsilon$
R \approx r_{coll} Kapillarenradius
t = Zeit

Die Ausbildung und möglicherweise filternde Wirkung eines "Filterkuchens" auf der Anströmfläche des Filters ist hier nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe der beschriebenen Beziehungen kann die technische Verifizierbarkeit eines geforderten Filters gezeigt werden, sicher aber nicht ein Wirkungsgrad verbindlich ausgerechnet werden.

3.5 Naßabscheider

Die bisher beschriebenen Filter haben eine begrenzte Beladbarkeit und sind somit für die Abscheidung vorhersehbarer definierter Aerosolmengen geeignet. Sehr große Mengen Natriumbrandaerosole können nur mit kontinuierlich arbeitenden Abscheidern aus einem Gasstrom entfernt werden.

Der vorher beschriebene Versuchskreislauf wurde erweitert, um Naßabscheider hinsichtlich ihres Abscheideverhaltens zu untersuchen. Die Natriumbrandaerosole wurden durch einen kontinuierlichen (ca. 150 h) Spraybrand erzeugt und einem klimatisierten Luftstrom von 60-80 % relativer Feuchte bei 25°C beigemischt. Die Gasgeschwindigkeit betrug 1,4 m/s, die Aerosolmassenkonzentration 0,3 - 1,5 g/m³. Etwa 1000 m³/h Gas wurden durch den Wäscher transportiert. Das Aerosol bestand am Abscheider überwiegend aus Natriumkarbonat. Die chemischen Reaktionen von Natriumbrandaerosol sind in [7] beschrieben. Ein Flußdiagramm der Testanordnung zeigt die Abb. 15. Es wurden sowohl ein einstufiger als auch ein zweistufiger Naßwäscher getestet und eine Kombination beider Wäscher. Getestet wurden Hochleistungs-Rotationswäscher der Firma Knecht-Filterwerke GmbH in verschiedener Anordnung und ein Naßwäscher System Theissen. 1-3 l Wasser waren pro Stufe notwendig, um 1 m³ Gas zu waschen.

Die gemessenen Abscheidegrade sind in der Abb. 16 zusammengestellt. Für die Rotationswäscher kann davon ausgegangen werden, daß weitgehend unabhängig von der Anordnung pro Stufe ca. 70 % Natriumbrandaerosol ausgewaschen wurden. Ein dreistufiger Wäscher hätte somit einen Abscheidegrad

von 94 %. Tatsächlich wurde ein höherer Abscheidegrad gemessen. Dies ist auf eine verbesserte Abscheidung durch hohe Feuchte gewaschener Teilchen zurückzuführen.

Der Naßabscheider System Theissen hatte einen Abscheidegrad von 60 %, gemessen unter den gleichen Bedingungen.

Abschließend zeigt die Abb.17 die Möglichkeiten der Abscheidung von Natriumbrandaerosolen unter verschiedensten Bedingungen.

Literatur

- [1] Mayer, R.A.; Crawford, I.H.; Tatum, R.E.; Deep-bed Sand Filters at Savannah River Laboratory; 13th AEC Air Cleaning Conf.; 1974
- [2] Paretsky, L.; Theodore, L.; Pfeffer, R.; Squires, A.M.; Panel Bed Filters for Simultaneous Removal of Fly Ash and Sulfur Dioxide; J. Air Pollution Control Ass., 21, 204; 1971
- [3] Kun-Chieh Lee; Filtration of Redispersed Power Station Fly Ash by a Panel Bed Filter with Puffback; Diss. City University of New York; 1973
- [4] Alexas, A.; Jordan, S.; Lindner, W.; On the Filtration of Sodium Fire Aerosols; ANS Winter Meeting Nov./Dec. 1977 San Francisco
- [5] Gebhart, J.; Roth, C.; Stahlhofen, W.; Filtration Properties of Glass Bead Media for Aerosol Particles in the 0.1-2 µm Size Range; J. of Aerosol Science 1973, Vol. 4, pp. 355
- [6] Böhm, L.; Jordan, S.; On the Filtration of Sodium Oxide Aerosols by Multilayer Sandbed Filters; J. of Aerosol Science 1976, Vol. 7, pp. 311
- [7] Hofmann, C.; Jordan, S.; Lindner, W.; Reaktionen von Natriumbrand-Aerosolen in der Atmosphäre; Jahrestagung der Gesellschaft für Aerosolforschung, Wien, 26.-28.9.1978

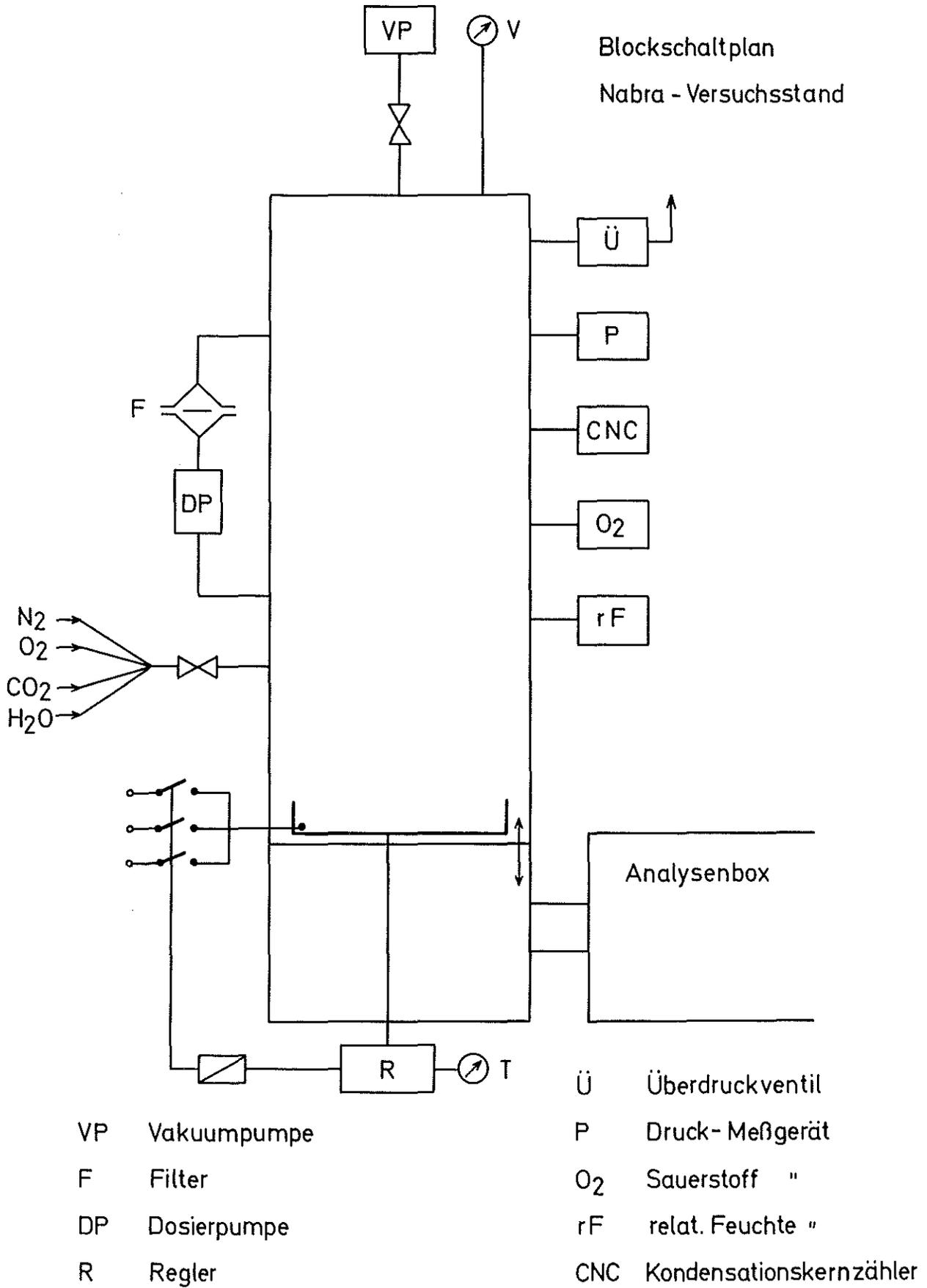
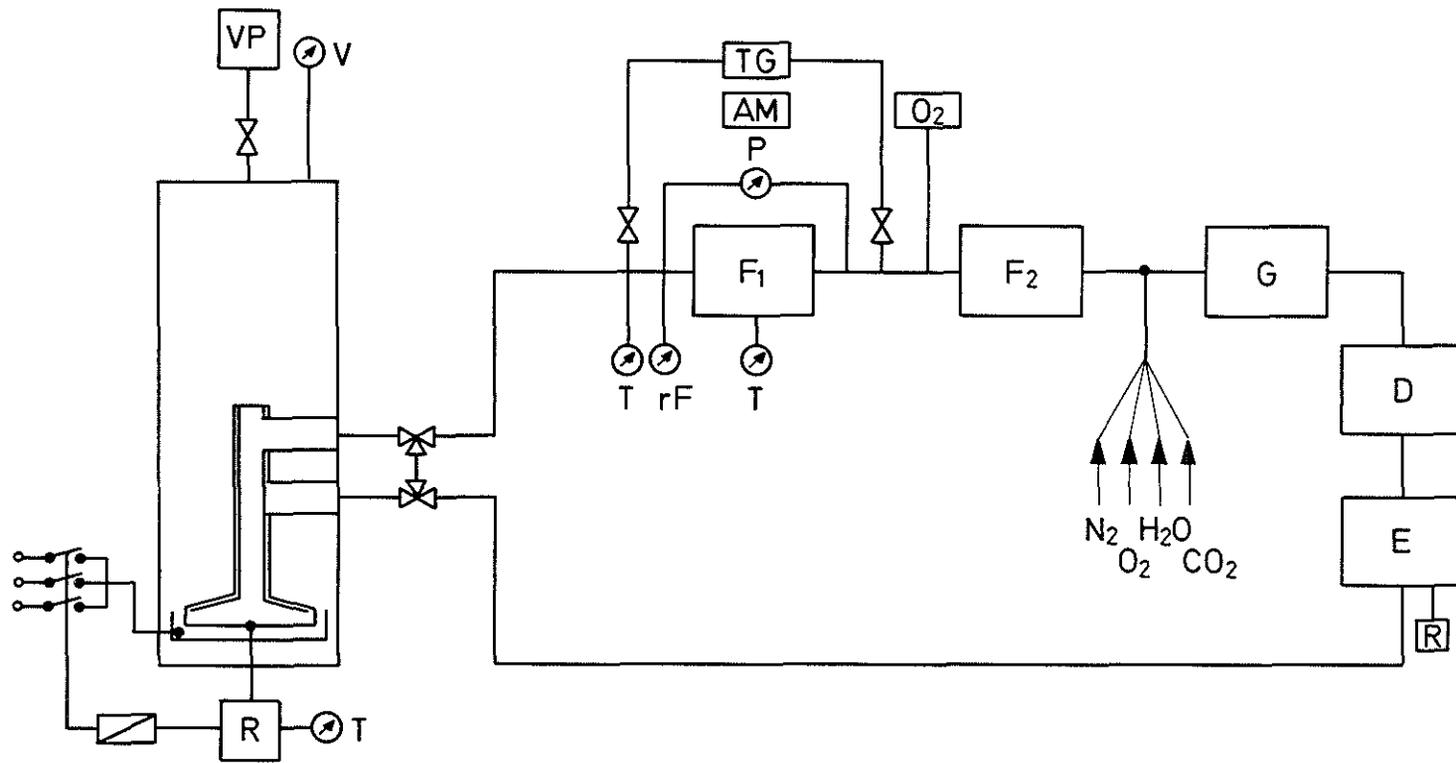


Abb. 1



VP - Vakuumpumpe

F₁ - Testfilter

F₂ - Sicherheitsfilter

G - Gebläse

D - Durchflussmesser

E - Gaserhitzer

R - Regler

T - Temperatur-Messgerät

rF - Relat. Feuchte-Messgerät

P - Druck - Messgerät

O₂ - Sauerstoff-Messgerät

AM - Aerosol - Messgerät (Massen-Konz)

TG - Teilchengrößen -
analysator

Abb. 2 Filterkreislauf

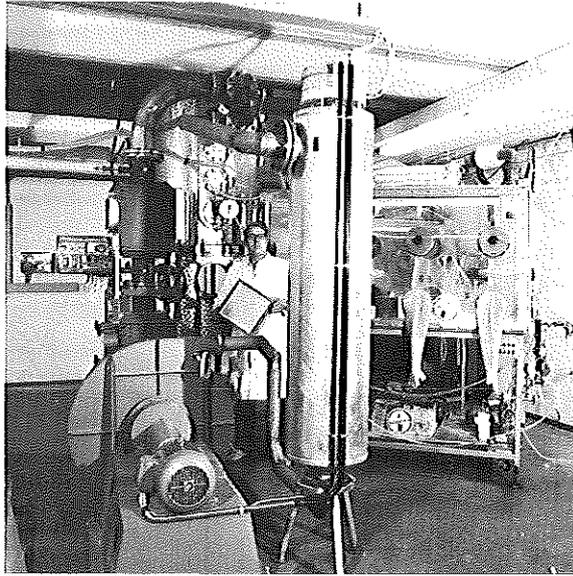


Abb. 3 Testkreislauf Faserfilter

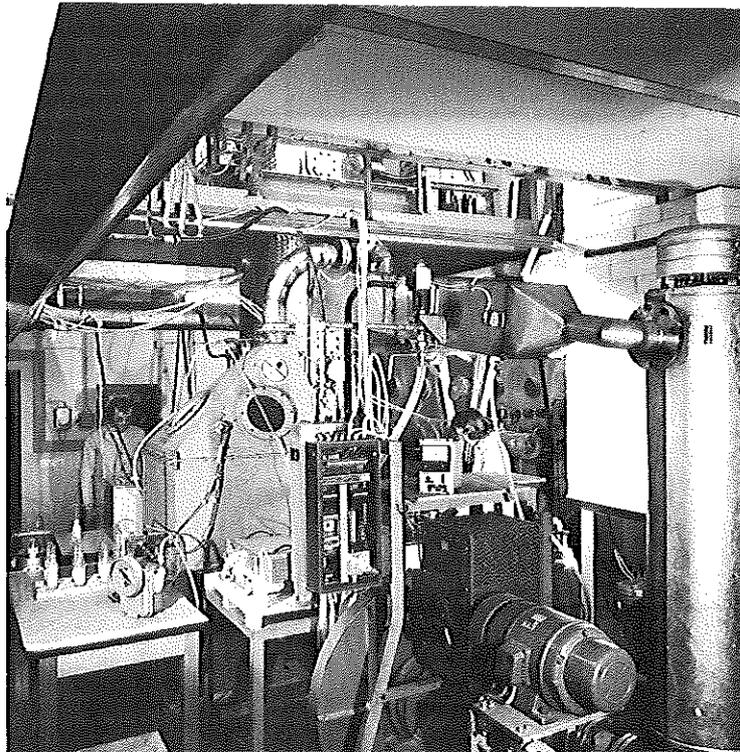


Abb. 4 Testkreislauf Sandbettfilter

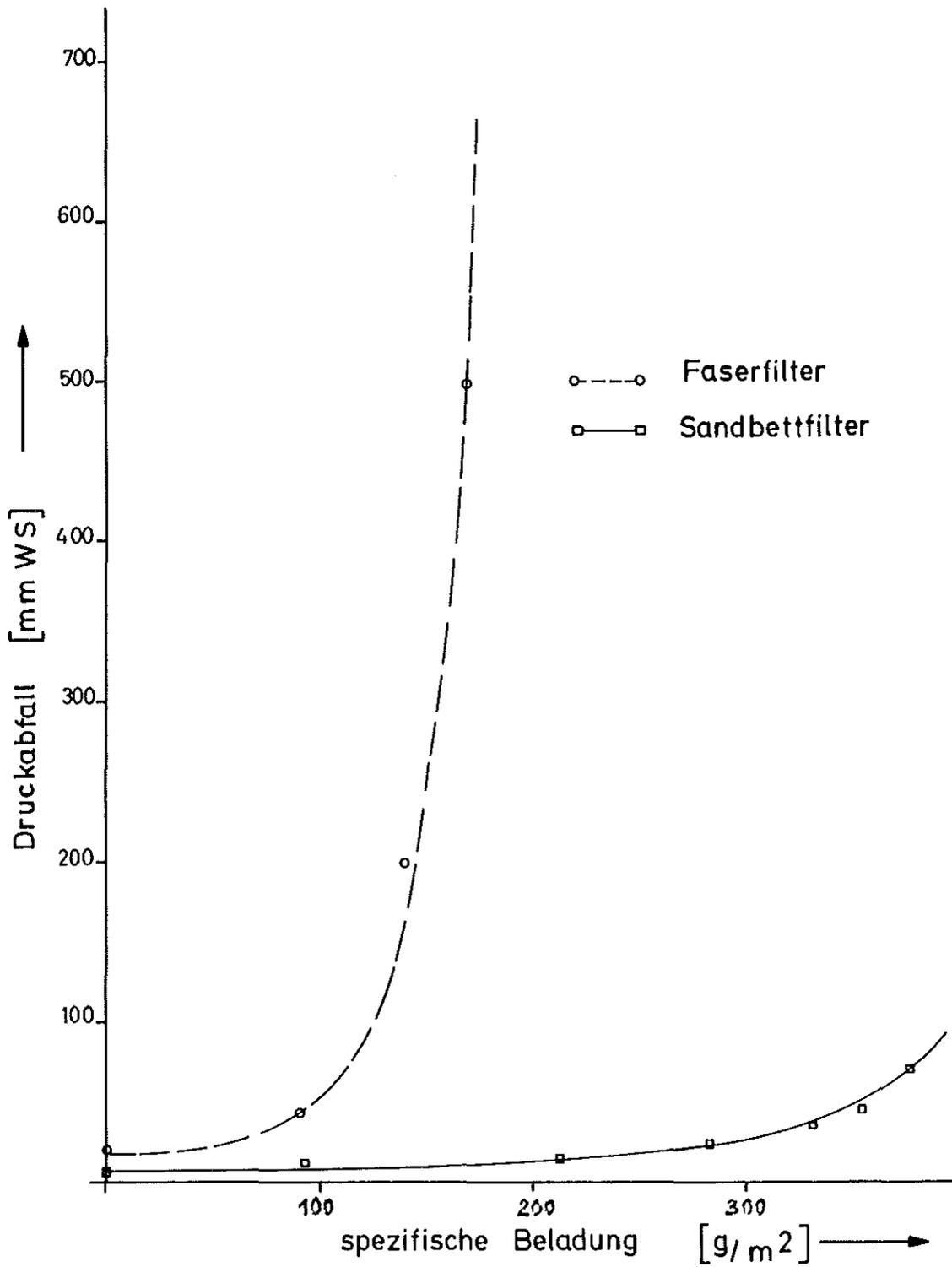


Abb. 5 Druckabfall bei Beladung an verschiedenen Filtern

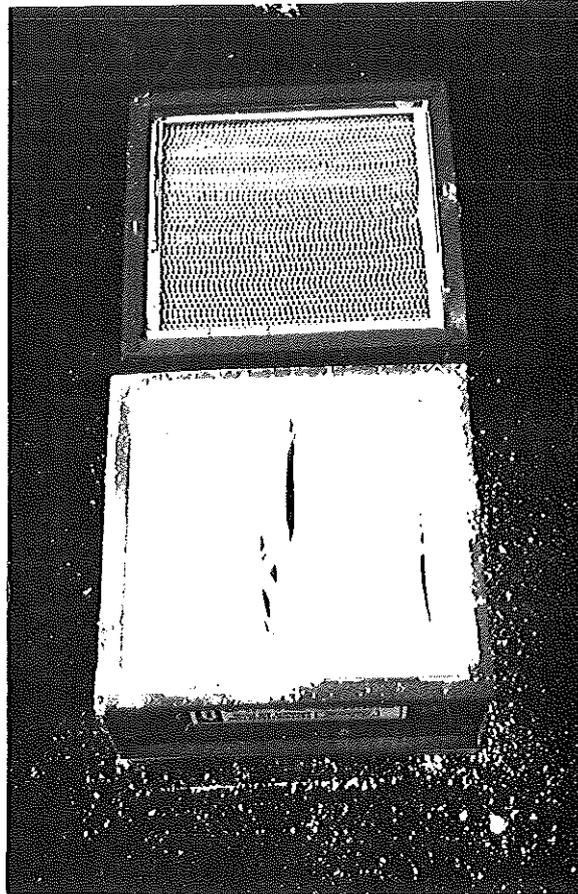
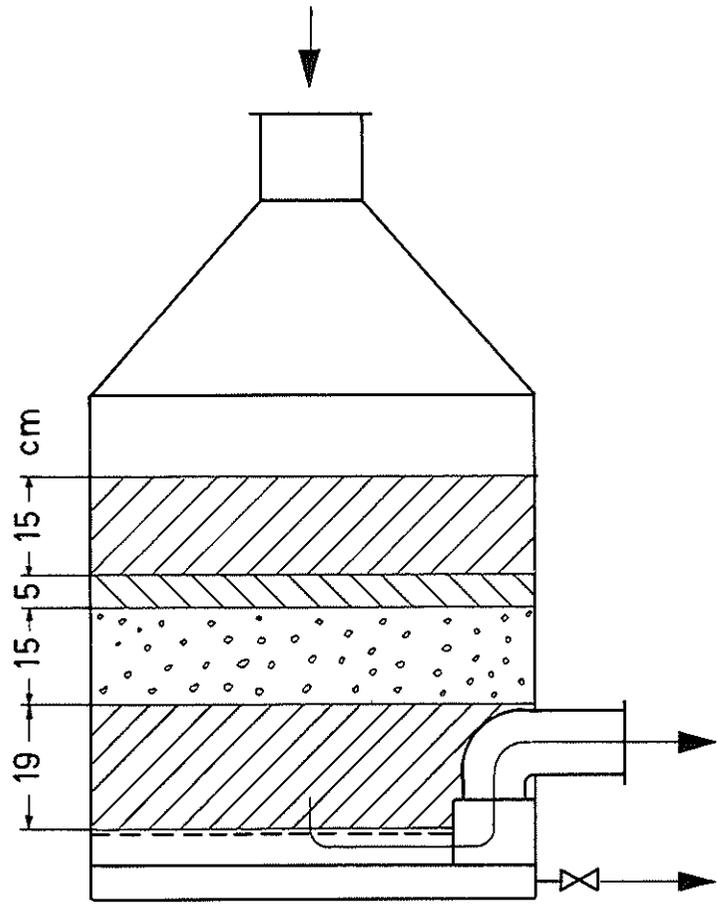
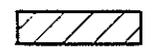


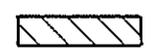
Abb. 6 Beladener und unbeladener
Glasfaserfilter



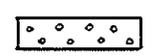
Basaltfraction (in mm)



2/5



0,6/2



0/0,6:0,6/2 = 1:3

Abb. 7 Sandbettfilter-Gehäuse

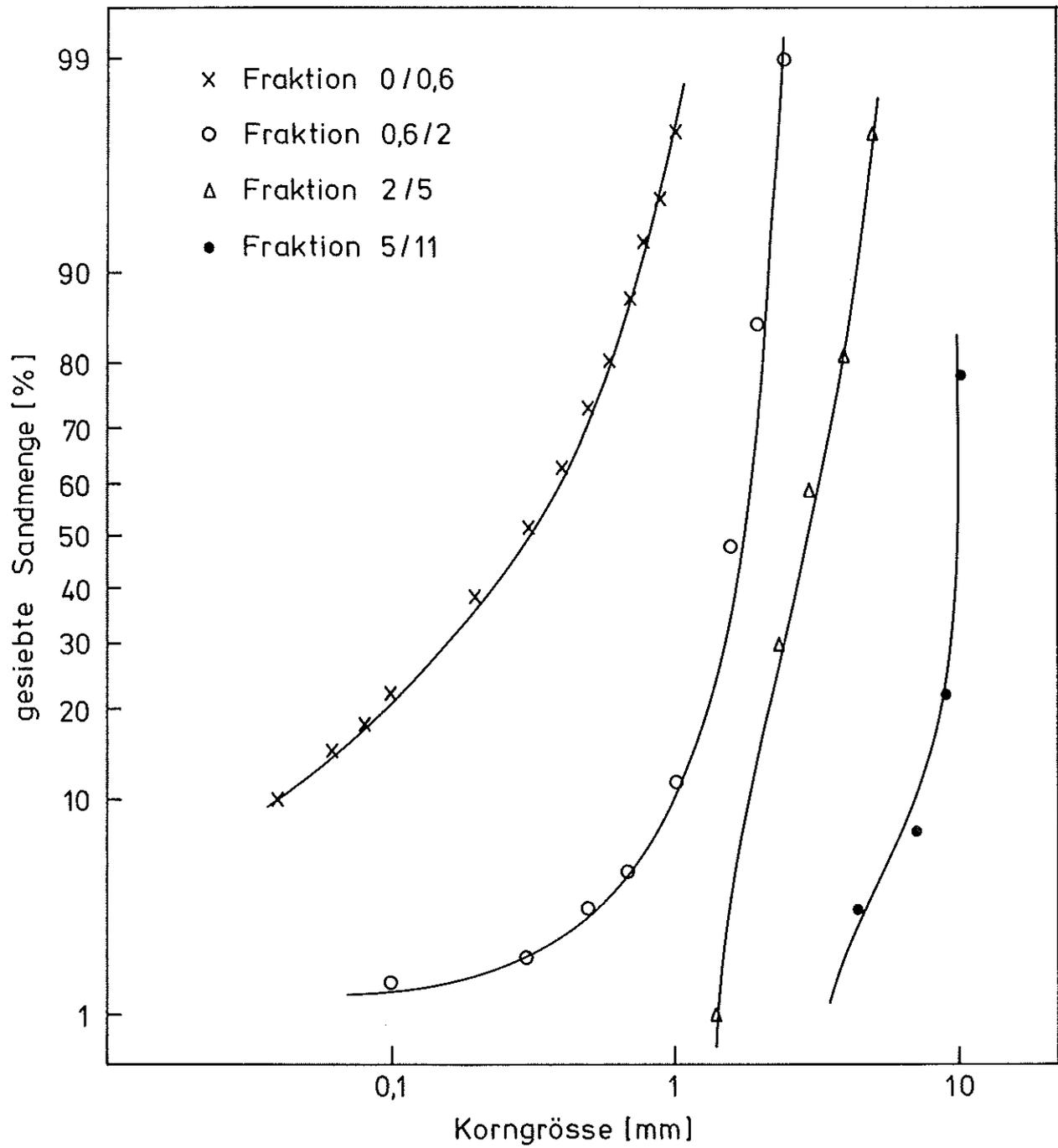
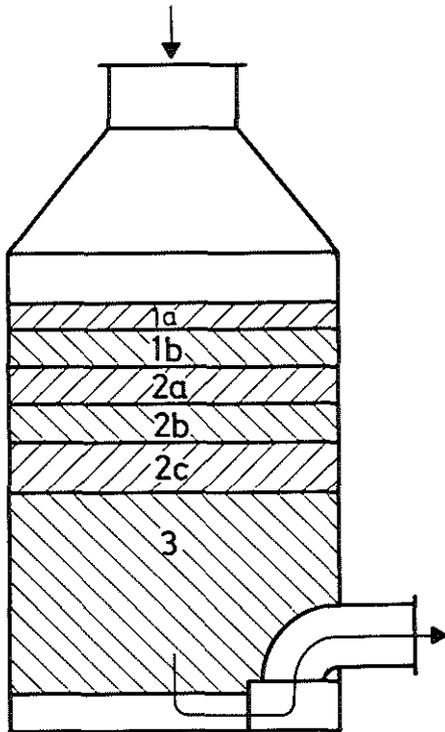


Abb. 8 Korngrößenverteilung von Basaltsanden



Schüttung I			400 l/min	1000l/min	1500l/min	2000l/min
1a } 1b }	150 kg 2/5	P	$6.4 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$
2a	50 kg 0.6/2					
2b	200 kg 0/0.6/0.6/2 1:3					
2c	—	B _S [g/m ²]	446	465	—	352
3	200 kg 2/5					
Schüttung II			400l/min	550l/min	770l/min	1000l/min
1a	100 kg 2/5/5/11 1:3	P	$\approx 1.5 \cdot 10^{-5}$	$7.2 \cdot 10^{-5}$	$8.5 \cdot 10^{-5}$	$7.1 \cdot 10^{-5}$
1b	150 kg 2/5					
2a	50 kg 0.6/2					
2b	200 kg 0/0.6/0.6/2 1:3	B _S [g/m ²]	443	396	660	600
2c	50 kg 0/0.6					
3	200 kg 2/5					

Abb. 9 Sandbettfilter für hohe Abscheidegrade

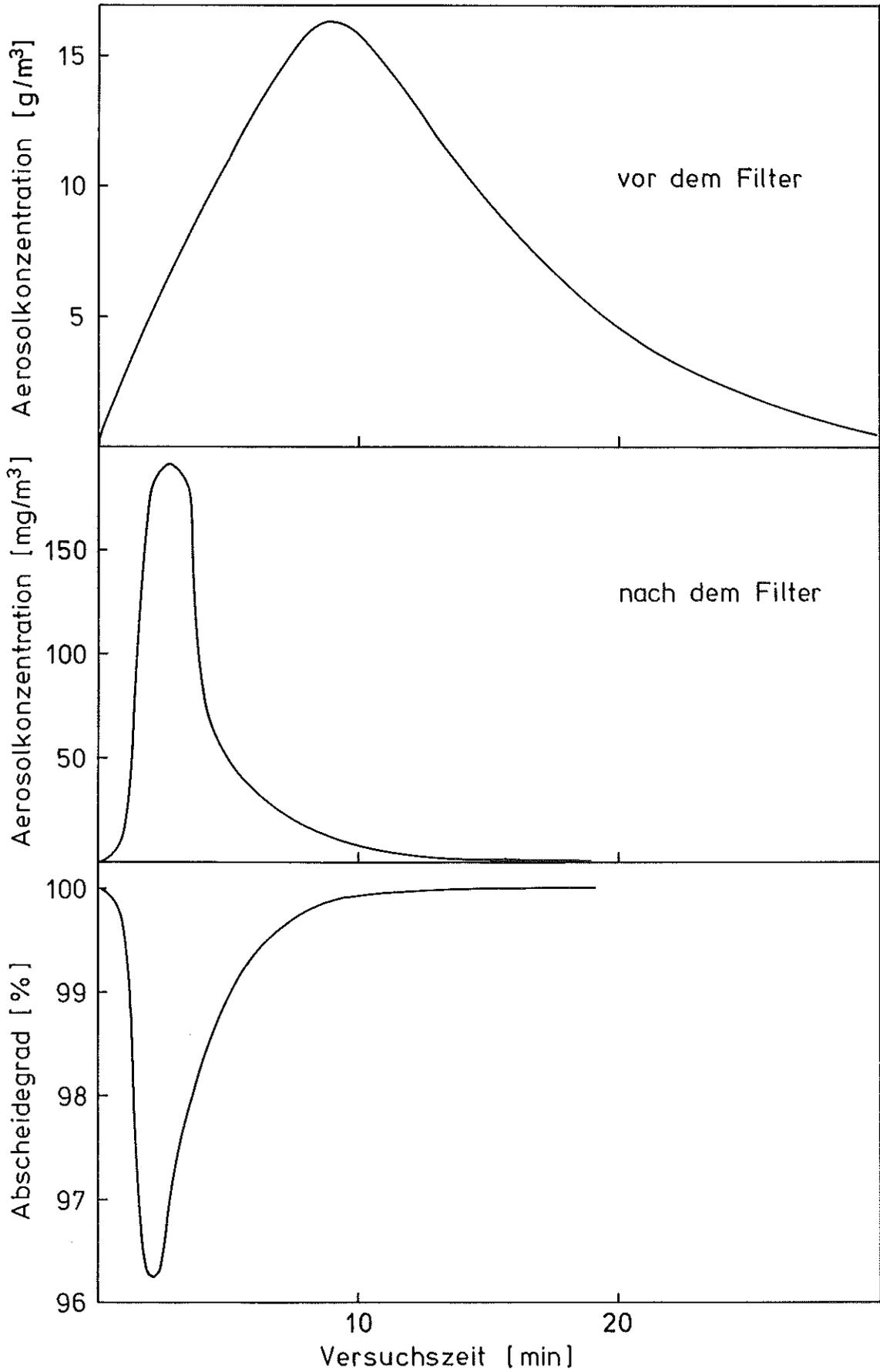


Abb. 10 Differentieller Abscheidegrad eines Sandbettfilters

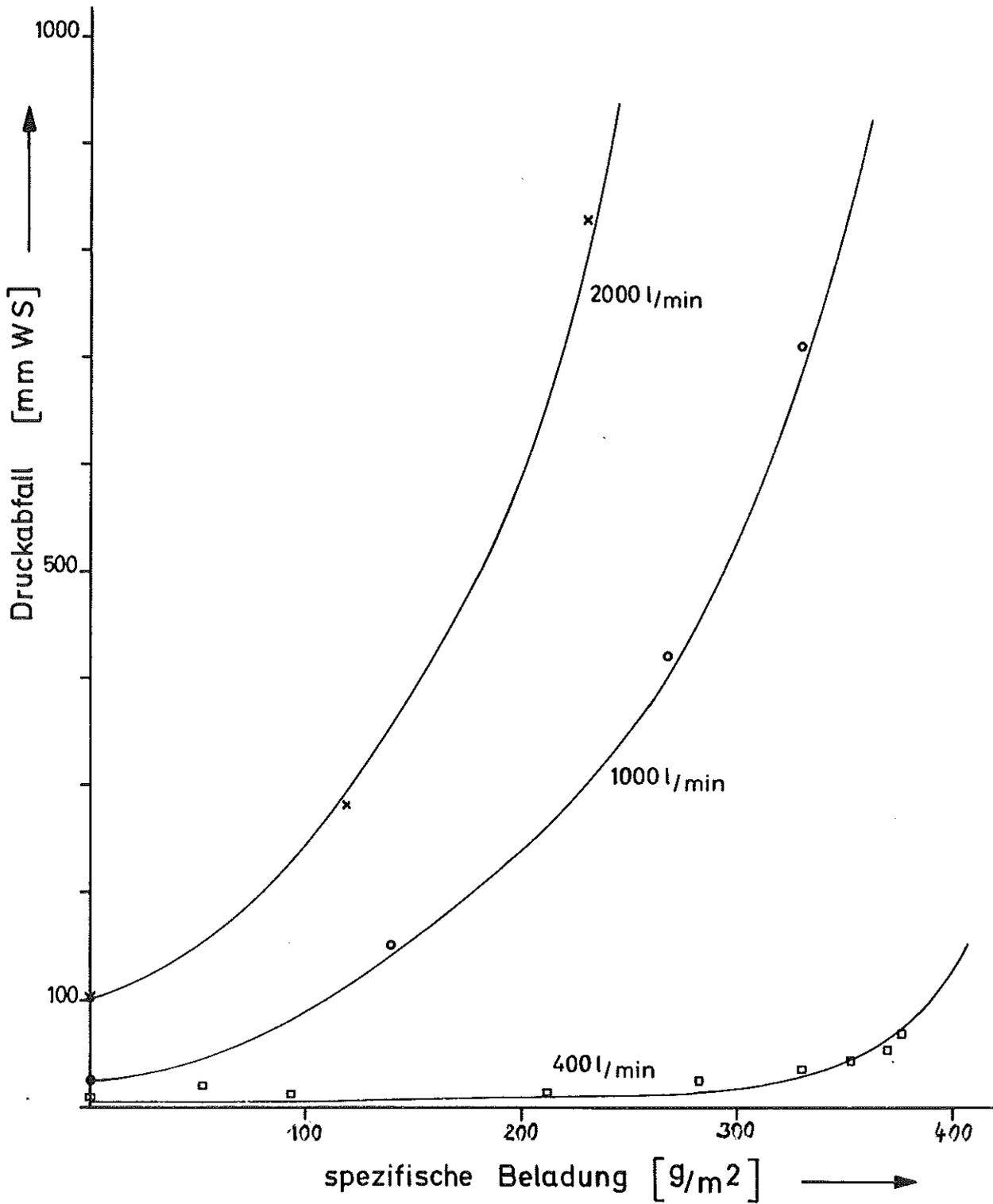
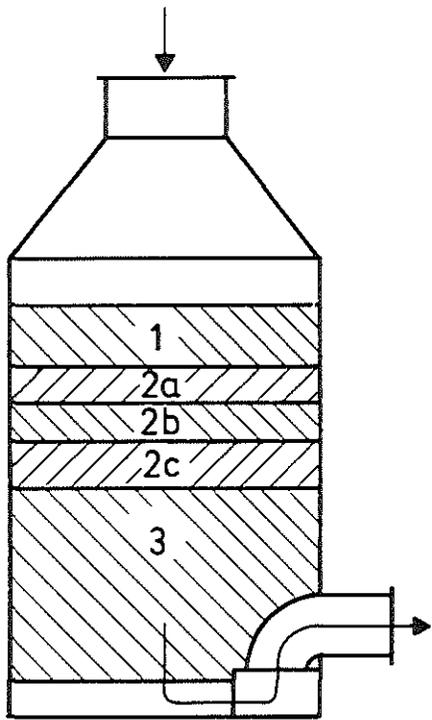


Abb. 11 Druckabfall an Sandbettfiltern



		Schichtung			500 l/min	1000 l/min
1	1	100 kg	2/5 : 5/11 1:3	η	97,0	91,3
	2a	100 kg	2/5	[%]		
	2b	100 kg	0/0,5 : 0,5/2 1:3	L	1120	1018
	3	150 kg	2/5	[g/m ²]		
2	1	100 kg	2/5 : 5/11 1:3	η	98,8	99,4
	2a	50 kg	2/5	[%]		
	2b	50 kg	0,5/2	L	620	1310
	2c	100 kg	0/0,5 : 0,5/2 1:3			
	3	150 kg	2/5	[g/m ²]		

Abb. 12 Sandbett-Vorfilter

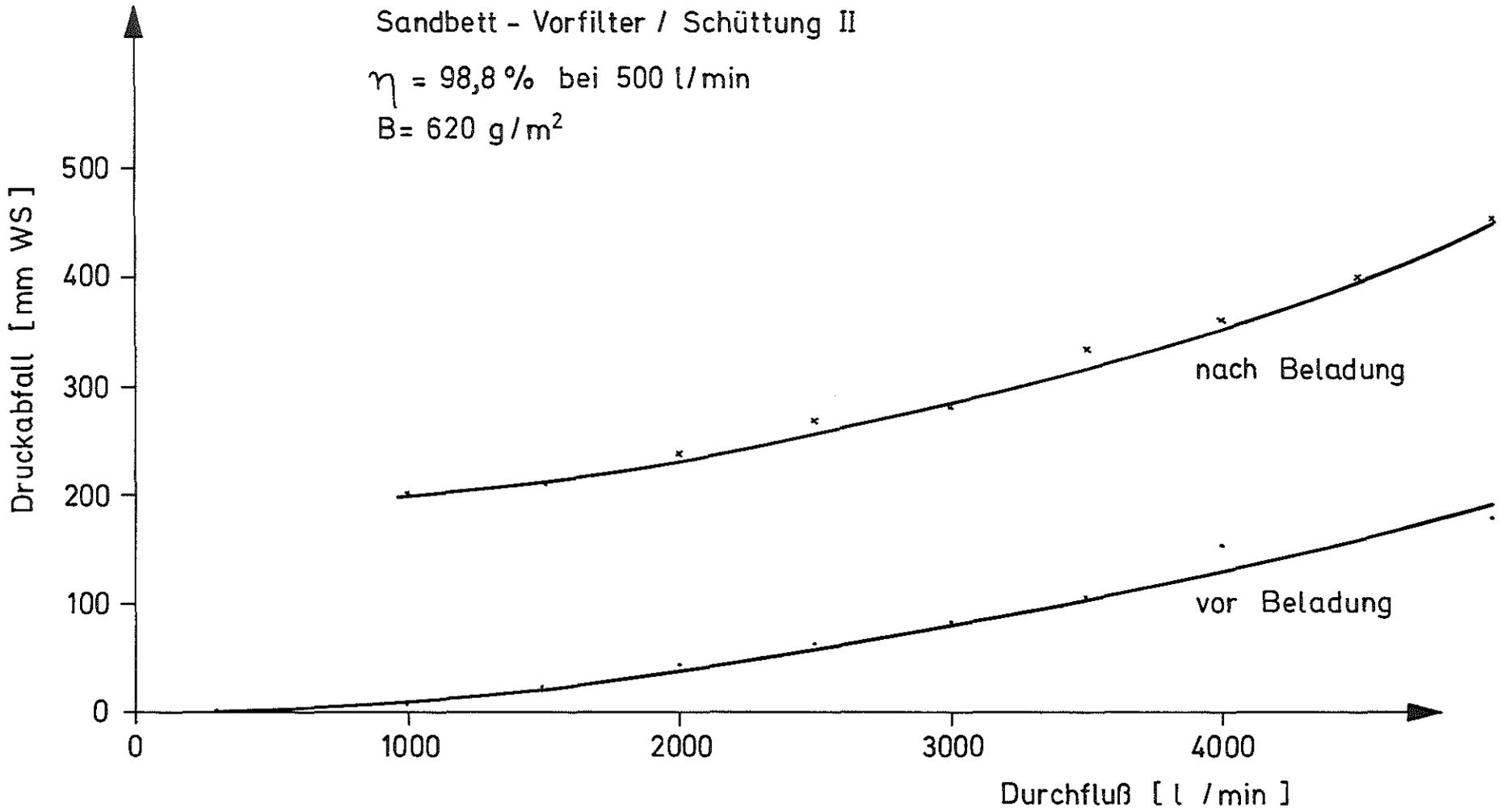


Abb. 13 Druckabfall an Sandbett-Vorfilter

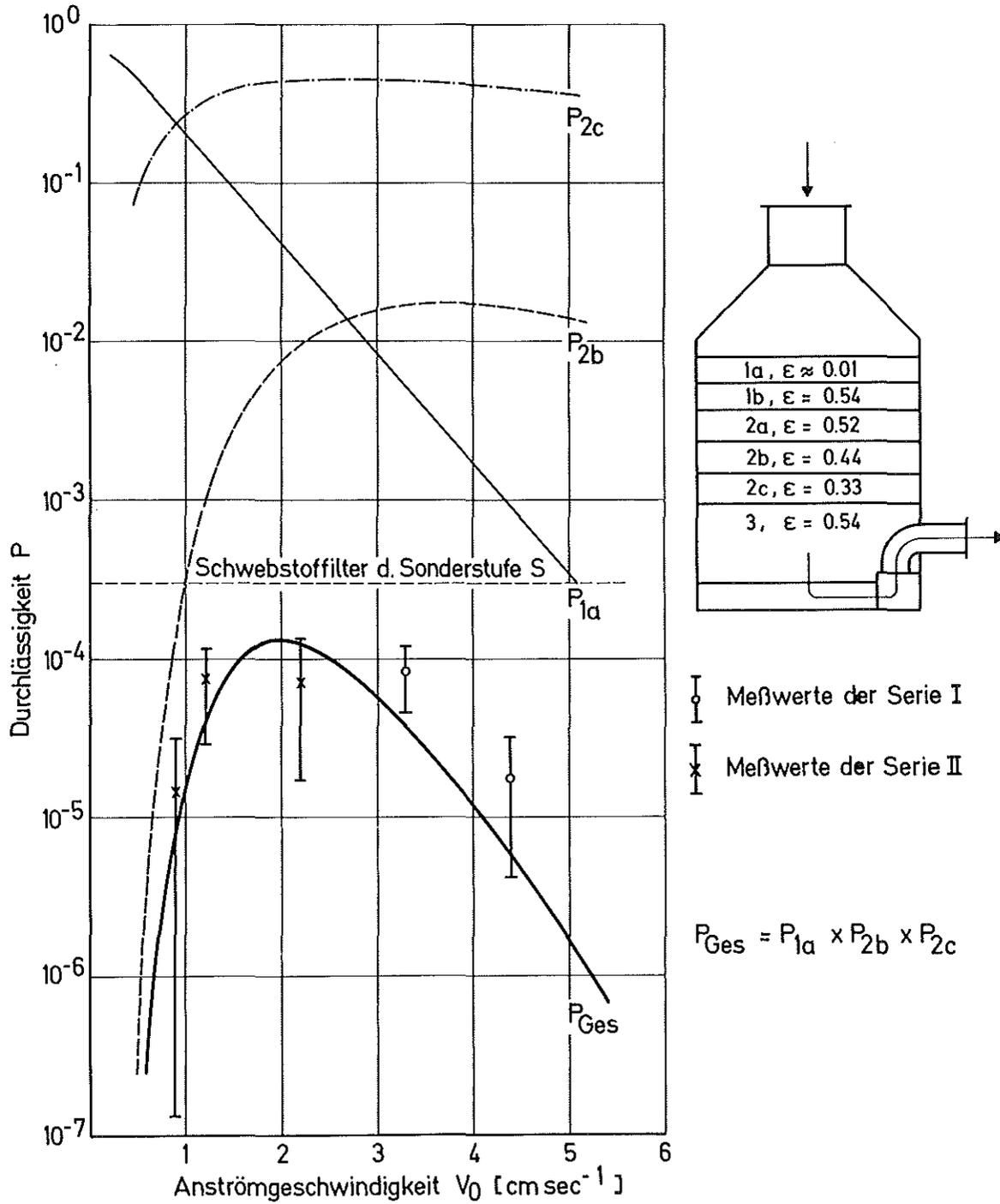


Abb. 14 Errechnete und gemessene Durchlässigkeit eines Sandbettfilters

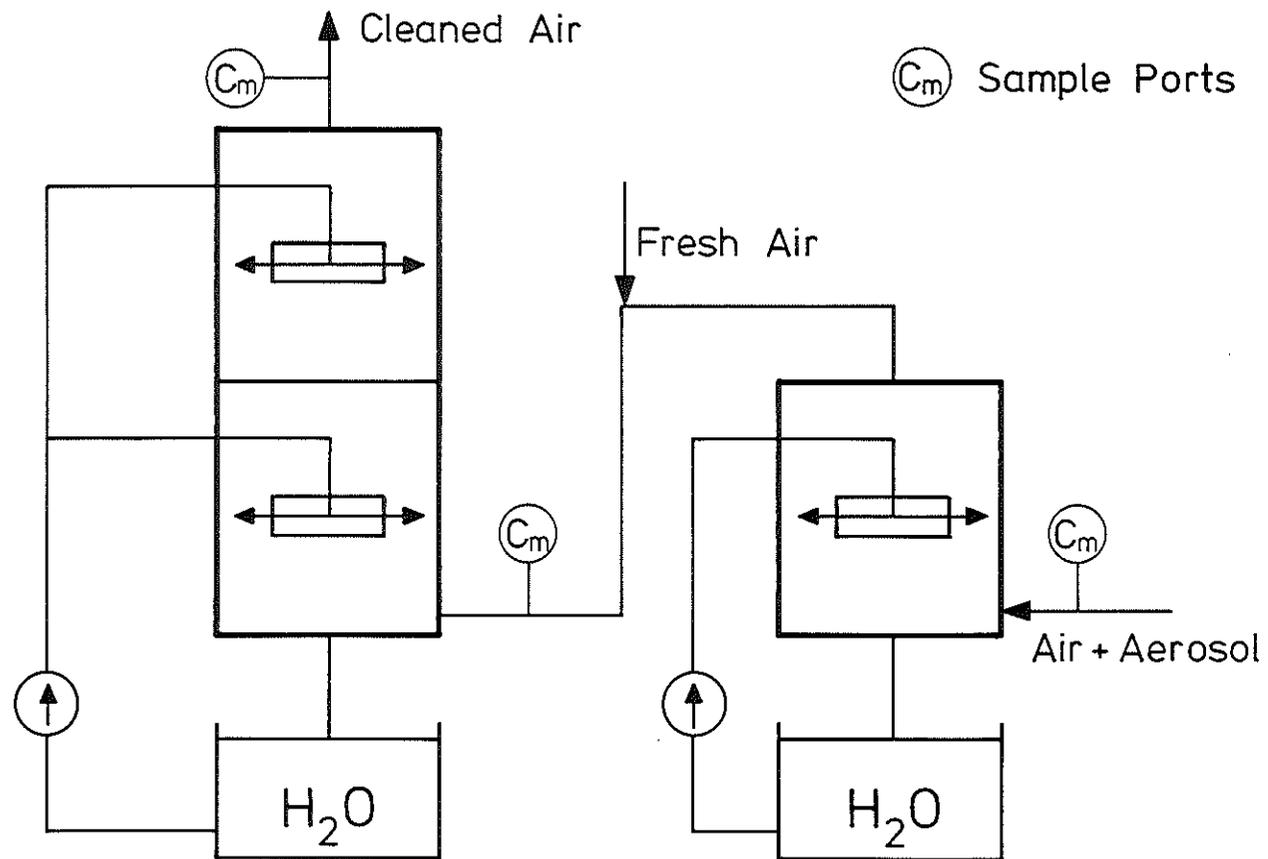


Abb. 15 Versuchsanordnung für die Naßabscheider-Versuche

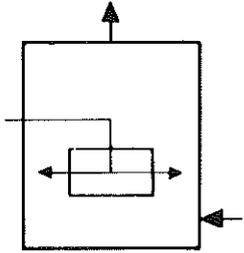
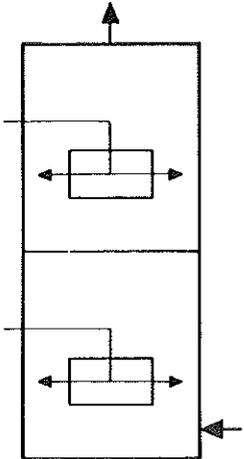
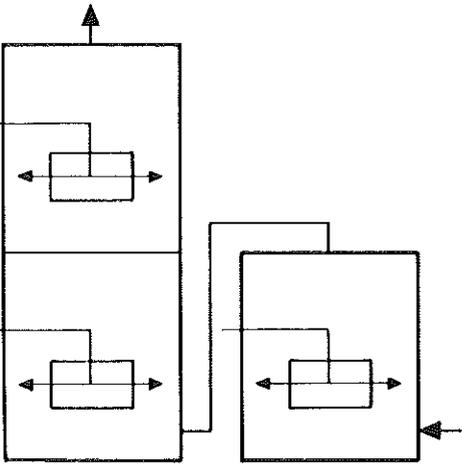
measured quantities Wet scrubber type	C_m [mg _{-Na} /m ³]	η [%]
	<p>299</p> <p>1250</p>	<p>68.7</p> <p>77.8</p>
	<p>213</p> <p>285</p> <p>262</p>	<p>93.2</p> <p>93.5</p> <p>95.3</p>
	<p>474</p> <p>299</p> <p>1250</p>	<p>97.9</p> <p>96.7</p> <p>99.0</p>

Abb. 16 Abscheidegrade von Naßwäschern

Filtertyp	Abscheidegrad $\%_7$	Druckabfall		Spezifische Beladung g/m^2_7	Anström- geschwindigkeit m/h_7
		ohne Beladung mm WS_7	mit Beladung		
Glasfaserfilter (HEPA)	99,98	20	200	50	100
Sandbettfilter					
Vorfilter	99,0	5	200	1200	30 - 150
Absolutfilter	99,98	20	200	500	30 - 60
Nasswäscher					
Rotationssprüher (einstufig)	70,0	1	1	unbegrenzt	
Rotationssprüher (zweistufig)	94,0	1	1	unbegrenzt	
System Theisen	60,0	1	1	unbegrenzt	

Abb. 17 Abscheidung von Natriumbrandaerosolen