# ABSCHEIDUNG VON RADIOAKTIVEM JOD IN ATEMFILTERN

**J. HACKE und W. JACOBI**
Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin, Abteilung Strahlenphysik,
Berlin 39, Glienicker Straße 100, Germany

**Zusammenfassung**—Die Abscheidung von Radiojod im Atemfilter und seinen beiden Bestandteilen (Faser- und Aktivkohlefilter) wurde mit Hilfe der Mehrfiltermethode untersucht. Mit dieser Methode konnten die verschieden filterbaren Jodkomponenten in der Luft getrennt und ihre Anteile bestimmt werden. Elementares Jod und an Aerosolteilchen angelagertes Jod werden im Filter nahezu vollständig zurückgehalten. Für eine dritte schwache Jodkomponente, bei der es sich wahrscheinlich vorwiegend um Methyljodid handelt, ist das Filter relativ durchlässig. Der Anteil dieser Komponente nahm umgekehrt proportional der J-Konzentration in der Luft ab und betrug bei einer spezifischen $J^{132}$-Aktivität der Luft von etwa $10^{-4}$ Ci/m³ etwa 0,03%; dem entsprach eine Gesamt-Jod-Durchlässigkeit des Atemfilters von 0,02%. Die Eignung des Geräts für den beabsichtigen Verwendungszweck wird diskutiert.

## 1. EINLEITUNG

Bei einem Reaktorunfall spielt bezüglich der Gefährdung von Menschen das freigesetzte Jod eine entscheidende Rolle. Während alle anderen Spaltprodukte von Schwebstoffiltern nahezu vollständig zurückgehalten werden, gelingt dies bei Jod nur sehr unvollständig. In den letzten Jahren wurden deshalb zahlreiche Untersuchungen über die Freisetzung von Jod aus Kernbrennstoffen und sein physikalisch-chemisches Verhalten in verschiedenen Gasatmosphären bei Unfallbedingungen (1–12), sowie über Verfahren der Jodfilterung (13–22) durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchungen war die Entwicklung geeigneter Jodfilter für die Abluft von Reaktoranlagen zum Schutze der benachbarten Bevölkerung bei Reaktorunfällen. Um auch das Reaktorpersonal bei einem Unfall wirksam vor der Inhalation von Spaltprodukten zu schützen, wurde von der Auergesellschaft mbH Berlin ein als "Reaktorfluchtgerät" bezeichnetes Atemgerät entwickelt, das aus einem Mundstück in Verbindung mit einem kombinierten Schwebstoff–Aktivkohle–Atemfilter besteht. Die Abteilung Strahlenphysik am Hahn–Meitner–Institut für Kernforschung Berlin wurde von der Auergesellschaft beauftragt, Messungen des Abscheidewirkungsgrades dieses Atemfilters für Radiojod durchzuführen.

## 2. VERSUCHSANORDNUNG UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Versuche wurden mit dem Jodisotop $^{132}J$ (Halbwertszeit $t_{1/2} = 2{,}26$ h) durchgeführt, das als Tochtersubstanz von $^{132}Te$ gewonnen wurde.

Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung. Die aus dem Jodgenerator entweichende J-haltige Luft durchströmte zunächst ein Glaswattefilter, um den Luftstrom von Wassertröpfchen zu befreien und wurde dann am Eingang einer zylindrischen Mischkammer einem Luftstrom von normaler, ungefilterter Zimmerluft zugesetzt (Temperatur 20–22°C, relative Feuchte 35–45%). Der gesamte Luftdurchsatz durch die Mischkammer betrug (entsprechend der mittleren Atemleistung des Menschen) $v = 30$ l/min. Am Ausgang der Mischkammer befand sich die Filteranordnung, die aus mehreren—mindestens drei—in Reihe geschalteten Filtern der zu prüfenden Filterart bestand.

Die Sammelzeit betrug bei den Versuchen 1 h. Danach wurden die relativen Aktivitäten

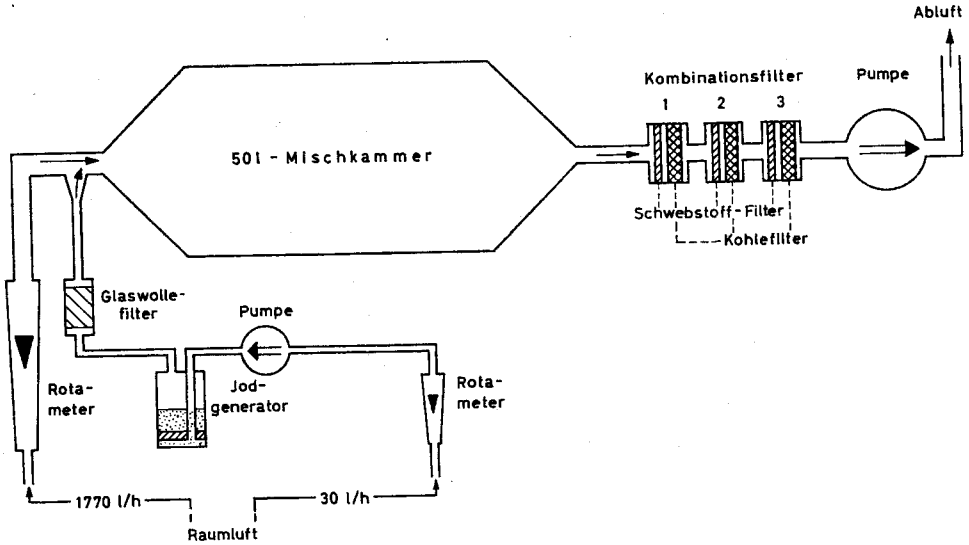


ABB. 1. Filterprüfanlage (schematische Darstellung).

der einzelnen hintereinandergeschalteten Filter mit einem $\gamma$-Szintillationsspektrometer bei konstanter Meßgeometrie gemessen.

Die Bestimmung des Abscheidewirkungsgrads der Filter erfolgte nach der bei Schwebstoffiltern üblichen Mehrfiltermethode, wobei bei jedem Versuch 3–4 Filter in Reihe in den Luftstrom geschaltet wurden. Die gemessenen relativen Aktivitäten $A_1$, $A_2$, $A_3$ und $A_4$ des 1., 2., 3. und 4. Filters in der Reihe wurden in halblogarithmischer Darstellung in Abhängigkeit von der Nummer $n$ des Filters in der Filterreihe aufgetragen.

Die Versuche zeigten (vgl. Abschnitt 3), daß die Filteraktivität hinter dem 1. Filter innerhalb der Fehlergrenzen exponentiell mit $n$ abfällt, d.h. das Verhältnis

$$q = \frac{A_n + 1}{A_n} \qquad (n \geq 2)$$

ist bei jedem Versuch konstant. $q$ wurde aus der mittleren Neigung der Exponentialkurve im Bereich $n = 2 - 4$ bestimmt. Die gesamte filterbare Aktivität $L_0$ der angesaugten Luft folgt somit zu

$$L_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \cdot (1 + \sum_{i=1}^{\infty} q^i)$$

$$= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \cdot \frac{1}{1-q}$$

Das Verhältnis $A_n/L_0$ gibt den relativen Anteil der Luftaktivität an, der im $n$ Filter der Filterreihe zurückbleibt. Die Durchlässigkeit $D(n)$ einer Filterreihe aus $n$ Filtern beträgt demnach:

$$D(n) = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{L_0}$$

Für das 1. Filter der Filterreihe ist somit der Abscheidewirkungsgrad $\eta_1 = A_1/L_0$ und die Durchlässigkeit $D_1 = 1 - \eta_1$.

### 3. VERSUCHSERGEBNISSE UND DISKUSSION

Es wurden drei Versuchsreihen durchgeführt. Bei der ersten Versuchsreihe wurden jeweils 3 Kombinationsfilter, wie sie in den Reaktorfluchtgeräten verwendet werden, hintereinandergeschaltet. Jedes Kombinationsfilter enthielt ein Schwebstoff- und ein Kohlefilter. Bei der zweiten Versuchsreihe wurde das Kohlefilter entfernt, um den Wirkungsgrad des Schwebstoffilters allein zu prüfen. Bei diesen Versuchen wurden jeweils 4 Schwebstoffilter hintereinandergeschaltet; dahinter wurde als 5. Filter noch ein Kohlefilter gesetzt, um den

durch die Schwebstoffilter durchgehenden Jodanteil zu erfassen. Bei der dritten Versuchsreihe wurde umgekehrt wie bei der zweiten Versuchsreihe verfahren. Aus den Kombinationsfiltern wurden in diesem Fall die Schwebstoffilter entfernt, um die Abscheidung im Kohlefilter allein zu bestimmen. Es wurden jeweils 4 Kohlefilter hintereinandergeschaltet; dahinter befand sich ein Schwebstoffilter, um den von den Kohlefiltern durchgelassenen Jodanteil zu erfassen.

Die spezifische $^{132}$J-Aktivität der am 1. Filter anströmenden Luft hing von dem Alter des Te-J-Präparates ab und variierte bei den Versuchsreihen von $10^{-3}$ — $10^{-5}$ Ci/m$^3$, was einer Jod-Konzentration von $10^{-10}$ — $10^{-12}$ g/m$^3$ in der Luft entspricht.

Im folgenden sind die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen zusammengestellt.

### 3.1. *Jodabscheidung in Schwebstoffiltern*

In Tabelle 1 ist die gemessene $^{132}$J-Aktivität $A_1$, $A_2$, $A_3$, $A_4$ des 1., 2., 3. und 4. Schwebstofffilters im Verhältnis zur gesamten $^{132}$J-Aktivität $L_0$ der angesaugten Luft angegeben, außerdem ist das entsprechende Verhältnis für das nachgeschaltete Kohlefilter angegeben. Das Verhältnis $A_1/L_0$ ist somit gleich dem Abscheidewirkungsgrad für ein einzelnes Schwebstoffilter. Die Zahlen sind Mittelwerte aus 5 Versuchen.

Von der anströmenden $^{132}$J-Aktivität der Luft werden also im Mittel im

1. Schwebstoffilter 55%
   (Schwankungsbereich 28–76%)
2. Schwebstoffilter 11%
   (Schwankungsbereich 7–14%)
3. Schwebstoffilter 10%
   (Schwankungsbereich 5–21%)
4. Schwebstoffilter 6,5%
   (Schwankungsbereich 3–12%)

zurückgehalten.

In Abb. 2 ist die Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Schwebstoffilter aufgetragen. Hinter dem 1.

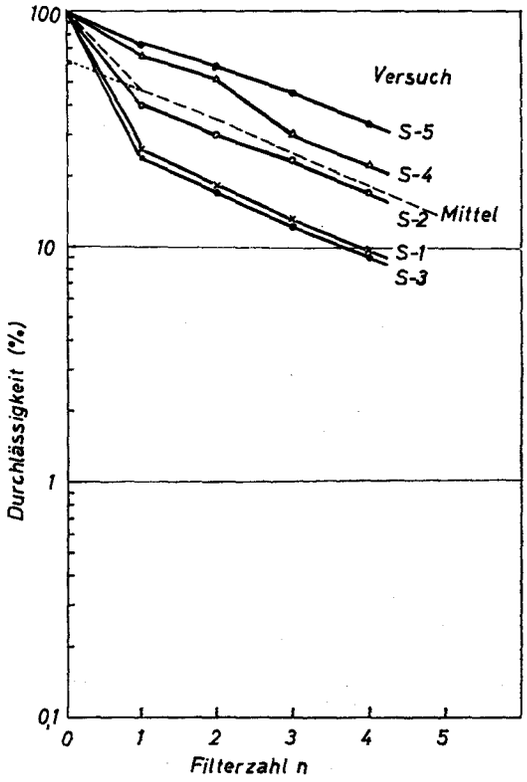


Abb. 2. $^{132}$J-Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Schwebstoffilter.

*Tabelle* 1. *Relative* $^{132}$*J-Aktivität* A *von* 4 *hintereinandergeschalteten Schwebstoffiltern und einem nachgeschalteten Kohlefilter (bezogen auf die Aktivität* $L_0$ *der angesaugten Luft vor der Filteranordnung)*

| Schwebstoffilter | | | | Kohlefilter |
|---|---|---|---|---|
| $A_1/L_0$ | $A_2/L_0$ | $A_3/L_0$ | $A_4/L_0$ | $A_5/L_0$ |
| 0,546 | 0,108 | 0,103 | 0,065 | 0,147 |

Filter fällt die Durchlässigkeit annähernd exponentiell ab, wobei die Durchlässigkeitskurven bei allen Versuchen annähernd parallel verlaufen. Aus Abb. 2 folgt, daß im Hinblick auf die Filterung von Jod durch Schwebstoffilter 2 Komponenten unterschieden werden können:

(1.) Eine gut filterbare Komponente, die praktisch vollständig im 1. Schwebstoffilter zurückgehalten wird.

(2.) Eine schlecht filterbare Komponente, welcher der langsame exponentielle Abfall der Durchlässigkeitskurve hinter dem 1. Filter zuzuschreiben ist. Der Abscheidewirkungsgrad der Schwebstoffilter für diese Komponente beträgt im Mittel 26% (Schwankungsbereich 16–31%).

Eine Extrapolation der Durchlässigkeitskurven gegen $n = 0$ ergibt, daß auf die erste Komponente im Mittel 40% (Schwankungsbereich 15–70%), auf die 2. schlecht filterbare Komponente im Mittel 60% (Schwankungsbereich 30–85%) der Jodaktivität in der angesaugten Luft entfallen. Da der Abscheidewirkungsgrad der Schwebstoffilter für Aerosole nahezu 100% beträgt, ist die gut filterbare Jodkomponente offensichtlich dem an Aerosolteilchen angelagerten Jod zuzuschreiben.

Aus Abb. 2 folgt jedoch, daß selbst 4 hintereinandergeschaltete Schwebstoffilter noch im Mittel 18% (Schwankungsbereich 9–33%) der schlecht filterbaren Jodkomponente durchlassen. Dieser Wert stimmt innerhalb der Fehlergrenzen überein mit der relativen Jodaktivität auf dem nachgeschalteten Kohlefilter (vgl. Tab. 1). Daraus folgt, daß es sich bei der durch Schwebstoffilter schlecht filterbaren Jodkomponente vorwiegend um gasförmiges, an der Aktivkohle gut adsorbierbares Jod handelt. Andererseits zeigt dieses Ergebnis, daß Schwebstoffilter auch eine recht beträchtliche Abscheidefähigkeit für gasförmiges Jod besitzen. Die Unterschiede in dem Abscheidewirkungsgrad bzw. der Durchlässigkeit der 1. Schwebstoffilter werden offensichtlich durch die unterschiedlichen Anteile beider Jodkomponenten in der anströmenden Luft bei den einzelnen Versuchen verursacht.

### 3.2. *Jodabscheidung in Aktivkohlefiltern*

In Tabelle 2 ist die gemessene $^{132}$J-Aktivität $A_1$, $A_2$, $A_3$, $A_4$ des 1., 2., 3. und 4. Kohlefilters im Verhältnis zur gesamten $^{132}$J-Aktivität $L_0$ der angesaugten Luft angegeben; die letzte Spalte zeigt das entsprechende Verhältnis für das nachgeschaltete Schwebstoffilter. Das Verhältnis $A_1/L_0$ gibt somit den Abscheidewirkungsgrad eines einzelnen Kohlefilters für Radiojod ohne vorherige Schwebstoffilterung an. Die Zahlen sind Mittelwerte aus 6 Versuchen.

Von der anströmenden $^{132}$J-Aktivität der Luft werden also im Mittel im

1. Kohlefilter 99,2%
   (Schwankungsbereich 98,0–99,97%)
2. Kohlefilter 0,19%
   (Schwankungsbereich 0,004– 0,42%)
3. Kohlefilter 0,14%
   (Schwankungsbereich 0,008– 0,34%)
4. Kohlefilter 0,12%
   (Schwankungsbereich 0,004– 0,29%)

zurückgehalten.

Abb. 3 zeigt die Jod-Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Aktivkohlefilter. Wie bei den Versuchen mit Schwebstoffiltern kann auch hier aus dem Kurvenverlauf auf die Existenz von 2 Jodkomponenten geschlossen werden, einer gut filterbaren Komponente, die praktisch vollständig bereits im 1. Filter zurückgehalten

*Tabelle 2. Relative $^{132}$J-Aktivität* A *von 4 hintereinandergeschalteten Aktivkohlefiltern und einem nachgeschalteten Schwebstoffilter (bezogen auf die Aktivität* $L_0$ *der angesaugten Luft)*

| Kohlefilter | | | | Schwebstoffilter |
|---|---|---|---|---|
| $A_1/L_0$ | $A_2/L_0$ | $A_3/L_0$ | $A_4/L_0$ | $A_5/L_0$ |
| 0,99185 | 0,00186 | 0,00137 | 0,00119 | 0,00350 |

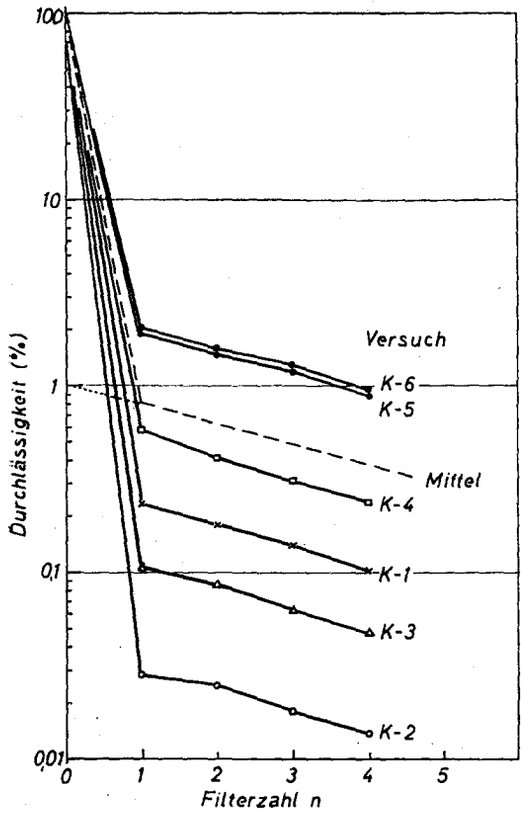


ABB. 3. $^{132}$J-Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Kohlefilter.

wird, und einer demgegenüber schlecht filterbaren Komponente, der der langsame exponentielle Abfall hinter dem 1. Filter zuzuschreiben ist. Der Abscheidewirkungsgrad eines einzelnen Kohlefilters für letztere Komponente beträgt im Mittel 24% (Schwankungsbereich 16–35%). Extrapoliert man auch hier wieder die Durchlässigkeitskurve dieser Komponente gegen $n = 0$ (s. Abb. 3), so ergibt sich ihr Anteil an der gesamten Jodaktivität der anströmenden Luft vor dem 1. Filter im Mittel zu 1% (Schwankungsbereich 0,05–3%). Im Mittel entfallen also 99% der Jodaktivität auf die gut filterbare Komponente (Schwankungsbereich 97–99,9%).

Bei der Deutung der gemessenen Durchlässigkeitskurven für die Aktivkohlefilter ist zu berücksichtigen, daß derartige Filter für Aerosole—im Gegensatz zu den verwendeten Schwebstoffilfiltern—nur einen begrenzten und von der Teilchengröße abhängigen Wirkungsgrad haben. Auf Grund der Erfahrungen über die Abscheidung von Aerosolen in Faser-, Poren- und Kornfiltern ist zu erwarten, daß in einem derartigen Kohlefilter sowohl der feindisperse Aerosolanteil durch Diffusion als auch der grobdisperse Aerosolanteil infolge der Massenträgheit der Teilchen weitgehend zurückgehalten werden und das Minimum der Abscheidung in dem dazwischen liegenden Teilchengrößenbereich liegt.

Daraus folgt für die Jodfilterung im Kohlefilter, daß die beobachtete gut filterbare Komponente sich aus gasförmigem, gut adsorbierbarem Jod—es handelt sich hierbei wahrscheinlich in erster Linie um elementares Jod—und aus dem an das grob- bzw. feindisperse Aerosol angelagerten Jod zusammensetzt. Dementsprechend enthält die zweite, relativ schlecht filterbare Komponente das vorwiegend an das mitteldisperse Aerosol angelagerte Jod sowie gasförmiges, aber an Aktivkohle schlecht adsorbierbares Jod (letzteres liegt wahrscheinlich vorwiegend in Form von Methyljodid vor).

Die Ergebnisse vermögen auch bereits Aufschluß darüber zu geben, ob bei der zweiten, durch das Kohlefilter schlecht filterbaren Komponente die gasförmige oder die Aerosolkomponente des Jods überwiegt. Ein Vergleich der von 4 hintereinandergeschalteten Kohlefiltern durchgelassenen Jodaktivität (Abb. 3) mit der im nachgeschalteten Schwebstoffilter abgeschiedenen Aktivität ($A_5/L_0$ in Tab. 2) zeigt, daß bei allen Versuchen diese Werte annähernd gleich sind. Betrachtet man z.B. die Mittelwerte, so beträgt nach Abb. 3 die von 4 Kohlefiltern noch durchgelassene relative Aktivität 0,37% (Schwankungsbereich 0,013–0,95%) und nach Tab. 2 die relative Aktivität des nachgeschalteten Schwebstoffilters 0,35% (Schwankungsbereich 0,01—0,98%). Aus dieser Übereinstimmung folgt, daß die vom Kohlefilter schlecht zurückgehaltene Jodkomponente, auf die im Mittel 1% der Jodaktivität in der Luft entfällt, zum größten Teil am Aerosol angelagert sein muß.

### 3.3. *Jodabscheidung in Kombinationsfiltern*

Es wurden sechs Versuche mit Kombinationsfiltern ohne Jodvorbeladung und ein Versuch

mit Kombinationsfiltern, die vor Versuchsbeginn mit 20 g inaktivem Jod vorbeladen worden waren, durchgeführt. Bei allen Versuchen waren jeweils drei Kombinationsfilter hintereinandergeschaltet.

Aus den Versuchsergebnissen folgt, daß bei den vorliegenden Versuchsbedingungen die Durchlässigkeit eines einzelnen Kombinationsfilters 0,002–0,2% beträgt. Sie liegt im Mittel etwa eine Größenordnung niedriger als die Durchlässigkeit des Kohlefilters (vgl. 3.2.). Dies ist auf Grund der Messungen bei den Kohlefiltern zu erwarten, aus denen hervorging, daß diese Filter für einen Teil der Schwebstoffkomponente relativ durchlässig sind. Bei dem Kombinationsfilter wird dieser Anteil durch das vorgeschaltete Schwebstoffilter praktisch effektiv zurückgehalten.

Auffallend ist der relativ große Schwankungsbereich der Durchlässigkeitswerte, der weder durch Meßfehler noch durch fabrikationstechnisch bedingte Unterschiede der Filter verursacht wird.

Aufschluß über die Ursache ergibt die in Abb. 4 dargestellte Abhängigkeit der Durchlässigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Kombinationsfilter. Danach muß auch bei den Kombinationsfiltern wieder zwischen einer gut und schlecht filterbaren Komponente unterschieden werden, wobei der Abscheidewirkungsgrad für letztere Komponente bei allen Versuchen etwa gleich blieb und im Mittel 43% (Schwankungsbereich 30–50%) betrug. Durch Extrapolation der Durchlässigkeitskurve für diese 2. Komponente ergibt sich für $n = 0$ der relative Aktivitätsanteil dieser Jodkomponente an der gesamten Jodaktivität der angesaugten Luft. Dieser Anteil schwankt offensichtlich zwischen 0,005% und 0,4% und beträgt im Mittel 0,08%.

Daraus ergibt sich, daß die beobachteten Schwankungen der Durchlässigkeit des Kombinationsfilters auf den unterschiedlichen Anteil der schlecht filterbaren Jodkomponente in der anströmenden Luft bei den einzelnen Versuchen zurückzuführen sind. Nach Untersuchungen von Eggleton *et al.*,[19] Collins *et al.*,[17] Adams *et al.*,[18] Parker *et al.*[11] und Parsley *et al.*[12] handelt es sich bei dieser Komponente wahrscheinlich um gasförmiges Jod in Form von Aklyljodiden, und zwar vor-

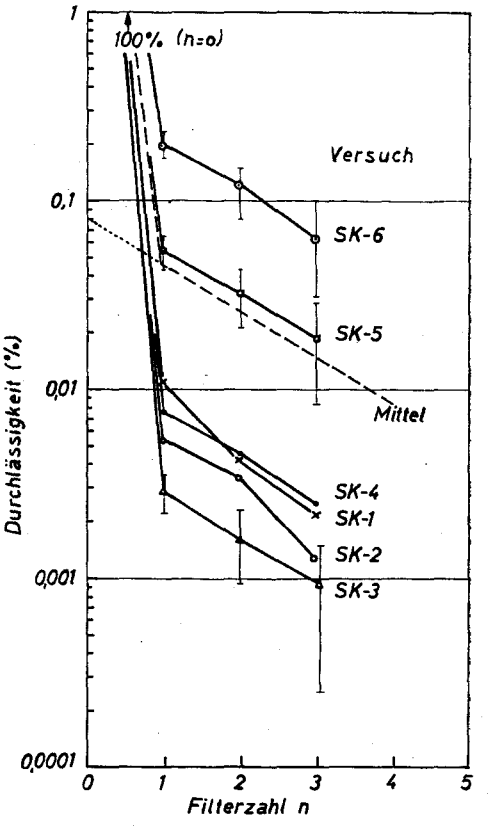


Abb. 4. $^{132}$J-Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der hintereinandergeschalteten Kombinationsfilter.

wiegend um Methyljodid. Im folgenden wird daher diese Komponente als Methyljodid bezeichnet.

Untersuchungen von Collins *et al.*[3] sowie von Billard *et al.*[20, 21] über die $^{131}$J-Durchlässigkeit von Aktivkohle bei Jodkonzentrationen von $10^{-9}$ — $10^{-3}$ g J/m³ Luft lassen die Tendenz erkennen, daß die Durchlässigkeit mit zunehmender Jodkonzentration abnimmt. Die vorliegenden Messungen an Kombinationsfiltern ergeben den gleichen Zusammenhang. Abb. 5 zeigt die aus den Messungen resultierende Abhängigkeit der $^{132}$J-Durchlässigkeit des 1. Filters von der Filter- bzw. Luftaktivität $L_0$. Letztere ist proportional der spezifischen $^{132}$J-Aktivität der anströmenden Luft; unter den vorliegenden Meßbedingungen entspricht einer Luftaktivität $L_0$ von $10^6$ ipm eine mittlere spe-

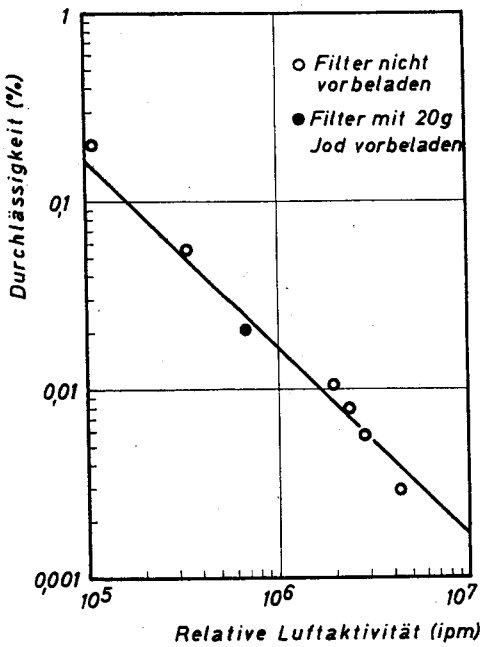


ABB. 5. Abhängigkeit der $^{132}$J-Durchlässigkeit eines Kombinationsfilters von der spezifischen Jodaktivität der Luft.

zifische $^{132}$J-Aktivität der Luft von $10^{-4}$ Ci/m$^3$. Die vorliegenden Messungen erfassen somit einen Konzentrationsbereich von $10^{-3}$ — $10^{-5}$ Ci/m$^3$ bzw. $10^{-10}$ — $10^{-12}$ g Jod/m$^3$ Luft.

Aus Abb. 5 geht hervor, daß in diesem Bereich die J-Durchlässigkeit des Kombinationsfilters umgekehrt proportional der Jodkonzentration in der Luft ist. Dieser Zusammenhang wird nicht durch eine Änderung der Filtereigenschaften mit der Jodkonzentration verursacht. Die mit Hilfe der angewandten Mehrfiltermethode mögliche Analyse der Durchlässigkeitskurven (Abb. 4) zeigt vielmehr eindeutig, daß die Konzentration der schlecht filterbaren Methyljodid-Komponente umgekehrt proportional mit der Jodkonzentration der Luft abnimmt.

Eine Vorbeladung der Kombinationsfilter mit 20 g inaktivem Jod hatte keinen erkennbaren Einfluß auf die Durchlässigkeit für Radiojod. Aus Abb. 5 geht hervor, daß die in diesem Fall gemessene Durchlässigkeit von 0,02% mit dem für unbeladene Filter zu erwartenden Wert übereinstimmt. Eine Abnahme der Filterwirksamkeit infolge Erschöpfung des Aktivkohlefilters tritt daher offensichtlich erst bei Jodmengen ein, die weit oberhalb der für den beabsichtigten Verwendungszweck des Reaktorfluchtgeräts in Frage kommenden Jodkonzentrationen liegen.

## 4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den durchgeführten Untersuchungen über die Abscheidung von Radiojod in den Atemfiltern ergeben sich zusammenfassend nachstehende Schlußfolgerungen:

1. Hinsichtlich der Abscheidung des Radiojods können auf Grund der vorliegenden Versuche folgende Komponenten unterschieden werden:

(a) Gasförmiges Jod, das von Aktivkohle gut adsorbiert wird; hierbei dürfte es sich vorwiegend um elementares Jod handeln.
(b) Jod, das vom Schwebstoffilter des Atemfilters effektiv zurückgehalten wird; hierbei handelt es sich um an Aerosolteilchen angelagertes Jod.
(c) Jod, das weder im Schwebstoff- noch im Aktivkohlefilter gut zurückgehalten wird; bei dieser Komponente liegt das Jod gasförmig, und zwar wahrscheinlich in Form von organischen Jodverbindungen, hauptsächlich als Methyljodid, vor.

2. Die zur Prüfung der Wirksamkeit der Filter für Radiojod angewandte Mehrfiltermethode ermöglicht in einfacher Weise die Trennung dieser Komponenten und die Bestimmung ihrer relativen Anteile in der zu filternden Luft. Bei den vorliegenden Versuchsbedingungen entfielen von der Jodaktivität in der anströmenden Luft im Mittel etwa 60% auf elementares Jod, etwa 40% auf das am Aerosol gebundene Jod und nur etwa 0,1% auf die Methyljodidkomponente.

3. Das Schwebstoffilter des Atemfilters hält das am Aerosol angelagerte Jod vollständig zurück, während sein Abscheidewirkungsgrad für elementares Jod im Mittel nur 26% (Schwankungsbereich 16–31%) beträgt. Der hindurchgehende Restanteil des elementaren Jods wird im nachgeschalteten Aktivkohlefilter vollständig zurückgehalten. Das Atemfilter ist somit ein

sehr effektives Filter sowohl für elementares Jod als auch für das am Aerosol angelagerte Jod. Die Verteilung der Aktivität auf das Schwebstoff- und Kohlefilter hängt von den Anteilen beider Komponenten in der auströmenden Luft ab. Unter Berücksichtigung der oben angegebenen mittleren Anteile wird im Schwebstofffilter etwa 55% und im Kohlefilter etwa 45% der Aktivität zurückgehalten.

4. Der Abscheidewirkungsgrad des Atemfilters für die Methyljodidkomponente beträgt im Mittel 43% (Schwankungsbereich 30–50%). Die Durchlässigkeit des Atemfilters für Radiojod wird daher nahezu ausschließlich durch den Anteil der Methyljodidkomponente in der anströmenden Luft bestimmt. Dieser Anteil nahm unter den vorliegenden Versuchsbedingungen umgekehrt proportional der Jodkonzentration in der Luft ab. Er betrug bei einer spezifischen $^{132}$J-Aktivität der Luft von $10^{-5}$ Ci/m$^3$ etwa 0,3%, bei $10^{-3}$ Ci/m$^3$ etwa 0,003%. Dementsprechend sank die Joddurchlässigkeit des Atemfilters von etwa 0,2% bei $10^{-5}$ Ci/m$^3$ auf etwa 0,002% bei $10^{-3}$ Ci/m$^3$ ab.

5. Eine Vorbeladung des Atemfilters mit 20 g inaktivem Jod hatte keine Änderung der Durchlässigkeit für Radiojod zur Folge.

6. Die Versuche wurden bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 35–45% durchgeführt; bei 90% Feuchte ist mit einer Erhöhung der Joddurchlässigkeit um etwa den Faktor 3 zu rechnen (vgl.[20, 21]), die in erster Linie durch die Zunahme des Anteils der Methyljodidkomponente in der Luft mit steigender Feuchte bedingt ist.

Die Ergebnisse zeigen, daß das vorliegende Atemfilter für die Methyljodidkomponente weitgehend durchlässig ist. Nach Abschluß dieser Messungen veröffentlichte Untersuchungen von Collins[22] sowie am Oak Ridge National Laboratory[23] haben ergeben, daß die Durchlässigkeit von Aktivkohle für Methyljodid durch geeignete Imprägnierung, z.B. mit inaktivem Jod, Brom, einigen Jod- bzw. Bromsalzen sowie mit Triäthylendiamen auf unter 1% reduziert werden kann. Bei dem beschriebenen Atemfiltergerät ist eine entsprechende Imprägnierung der Aktivkohle beabsichtigt, da die jetzige Imprägnierung mit Schwermetallen offensichtlich ohne Einfluß auf die Methyljodidkomponente ist.

**ANERKENNUNG**

Für die wirksame Unterstützung dieser Untersuchungen sind wir der Auergesellschaft zu Dank verpflichtet. Dieser Dank gebührt insbesondere den Herren Dr. Lemcke und Dr. Brauer von der Entwicklungsabteilung dieser Firma, die zahlreiche wertvolle Anregungen zur Durchführung dieser Untersuchungen und bei der Diskussion ihrer Ergebnisse gegeben haben. Für die Durchführung der Messungen danken wir Fräulein K. Tramme und Fräulein T. Kiehne.

**LITERATUR**

1. W. J. Megaw und E. G. May. The behaviour of iodine released in reactor containers. *React. Science and Technology* **16,** 427 (1962).
2. A. C. Chamberlain, A. E. J. Eggleton, W. J. Megaw und J. B. Morris. Physical chemistry of iodine and removal of iodine from gas streams. *React. Science and Technology* **17,** 519 (1963).
3. R. D. Collins und A. E. J. Eggleton. Control of gas-borne activity arising from reactor faults. *Proc. 3rd U.N. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy.* Gen. 1964.
4. A. W. Castleman, Jr., I. N. Tang und H. R. Munkelwitz. Chemical reactions and transport behavior of fission-product iodine. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.325.
5. W. S. Clough, L. B. Cousins und A. E. J. Eggleton. Radioiodine absorption on particulate matter. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.242.
6. R. D. Collins und J. J. Hillary. Some experiments relating to the behavior of gasborne iodine. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.830.
7. M. E. Davis, W. E. Browning, Jr., G. W. Parker, G. E. Creek und L. F. Parsley. The deposition of fission product iodine on structural surfaces. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-640407, S.730.
8. H. R. Diffey, C. H. Rumary, M. J. S. Smith und R. A. Stinchcombe. Iodine clean-up in a steam suppression system. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.776.
9. C. E. Miller, Jr., W. E. Browning, Jr., R. P. Shields und B. F. Roberts. In-pile fission

product release experiments: Atmospheric effects. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.276.

10. J. B. Morris und B. Nicholls. The deposition of iodine vapour on surfaces. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.142.
11. G. W. Parker, W. J. Martin, G. E. Creek und C. J. Barton. Behaviour of radioiodine in the containment mockup facility. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.212.
12. L. F. Parsley, L. F. Franzen, P. P. Holz, T. H. Row und J. L. Wantland. Behaviour of iodine in the nuclear safety pilot plant model containment vessel. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.196.
13. A. C. Chamberlain, A. E. J. Eggleton, W. J. Megaw und J. B. Morris. Removal of radioactive odine vapour from air. AERE-R 3412 (1960).
14. W. E. Browning. Removal of radio-iodine from gases. *Nucl. Safety* **4,** 83 (1962).
15. F. G. May und J. B. Morris. Performance of the BEPO scrubber for iodine removal. AERE-M 1163 (1963).
16. J. B. Morris und C. H. Rumary. Tests on absorbers for iodine at low concentrations. AERE-R 4219 (1963).
17. D. A. Collins, R. Taylor und L. R. Taylor. The removal of methyl iodide from reactor effluent gases. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.853.
18. R. E. Adams und W. E. Browning, Jr. Removal of iodine and volatile iodine compounds from air systems by activated charcoal. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.869
19. A. E. J. Eggleton und D. H. F. Atkins. The identification of trace quantities of radioactive iodine compounds by gas-chromatography and effusion methods. *Radiochimica Acta* **3,** 151 (1964).
20. F. Billard, J. Caron, G. Chevalier und J. V. D. Meersch. The influences of physical parameters on the adsorption of iodine-131 by activated charcoals. Int. Symp. on Fission Product Release and Transport under Accident Conditions, Oak Ridge, April 1965; Conf-650407, S.814.
21. F. Billard, G. Chevalier und J. Pradel. Résultats obtenus dans la recherche des caractéristiques de piégeage de l'iode-131 par les charbons actifs. La Pollution Radioactive des Milieux Gazeux; Presses Universitaires de France, Paris 1965, S.347-353.
22. R. D. Collins. Trapping radioiodine. *Nucleonics* **23,** No. 9, 7 (1965).
23. Oak Ridge National Laboratory. Nuclear Safety Program. Semiannual Progress Report for Period Ending Dec. 31, 1965. ORNL-3915.