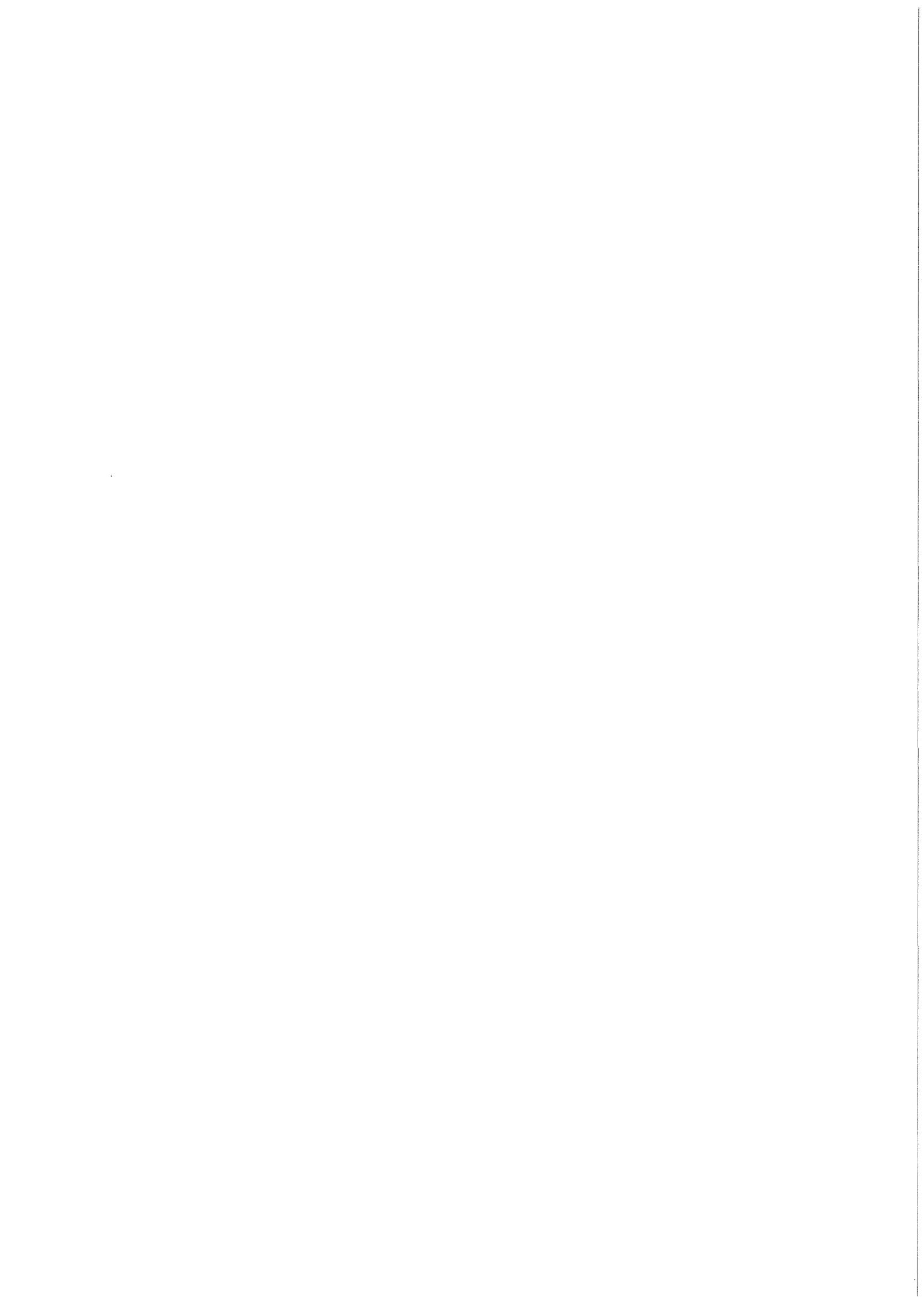


**KfK 3776**  
**September 1984**

**Abscheidung von  
elementarem  $^{131}\text{I}$  an Aktivkohlen  
unter Störfallbedingungen**

**H. Deuber**  
**Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik

KfK 3776

Abscheidung von elementarem  $^{131}\text{I}$  an Aktivkohlen unter Störfallbedingungen

H. Deuber

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

## Abscheidung von elementarem $^{131}\text{I}$ an Aktivkohlen unter Störfallbedingungen

### Kurzfassung

Unter simulierten Störfallbedingungen (maximale Temperatur: 130 °C) wurde kein entscheidender Unterschied in der Abscheidung von  $^{131}\text{I}$ , beaufschlagt als elementares Iod, durch verschiedene frische und gealterte kommerzielle Aktivkohlen festgestellt. In allen Fällen war das  $^{131}\text{I}$ , das tiefe Aktivkohlebetten durchdrang, in einer nichtelementaren Form. Es ist zu schließen, daß ein minimaler Abscheidegrad für elementares Radioiod von 99,99 %, der in den RSK-Leitlinien für DWR-Störfallfilter gefordert wird, mit verschiedenen kommerziellen Aktivkohlen gleichermaßen erreicht werden kann.

## Retention of Elemental $^{131}\text{I}$ by Activated Carbons Under Accident Conditions

### Summary

Under simulated accident conditions (maximum temperature: 130 °C) no significant difference was found in the retention of  $^{131}\text{I}$  loaded as elemental iodine, by various fresh and aged commercial activated carbons. In all the cases, the  $^{131}\text{I}$  passing through deep beds of activated carbon was in a non-elemental form. It is concluded that a minimum retention of 99.99 % for elemental radioiodine, as required by the RSK guidelines for PWR accident filters, can be equally well achieved with various commercial activated carbons.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Verzeichnis der Tabellen	III
Verzeichnis der Abbildungen	IV
1. Einleitung	1
2. Auslegung und Betrieb von DWR-Störfallfiltern	1
3. Frühere Untersuchungen	3
4. Experimentelles	5
5. Ergebnisse	13
5.1 Durchlaßgrad für $^{131}\text{I}$	13
5.2 Chemische Form des penetrierenden $^{131}\text{I}$	21
6. Zusammenfassung	23
7. Literatur	24
Anhang A: Durchlaßgrad für $^{131}\text{I}$ als $\text{I}_2$ (als Funktion der Bettiefe)	26
Anhang B: Verteilung des $^{131}\text{I}$ auf Test- und Sicherheitsbetten ( $^{131}\text{I}$ als $\text{I}_2$ )	63

<u>Verzeichnis der Tabellen</u>	Seite
Tab. 1 Daten deutscher DWR-Ringraumabluftfilter (Auslegungsstörfall)	2
Tab. 2 Einfluß verschiedener Parameter auf den Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für Radio- iod, beaufschlagt als $I_2$ , nach Literaturangaben (Temperatur $\leq 150$ °C)	4
Tab. 3 Daten der untersuchten Aktivkohlen	8
Tab. 4 Testparameter	9
Tab. 5 Testübersicht	10
Tab. 6 Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für $^{131}I$ als $I_2$ (30 °C)	16
Tab. 7 Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktiv- kohlen für $^{131}I$ als $I_2$ (130 °C)	17
Tab. 8 Durchlaßgrad verschiedener nichtimprägnierter Aktivkohlen für $^{131}I$ als $I_2$ (30 bzw. 130 °C)	20

Textteil

Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  als  $I_2$  (als Funktion der Bettiefe)  
in Tests unter gleichen Bedingungen (30 °C):

Abb. 1	207B (KI)	11
Abb. 2	207B (TEDA)	12

Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  als  $I_2$  bei verschiedenen Bettiefen  
und Alterungszeiten (30 °C):

Abb. 3	207B (KI), 207B (TEDA), Kiteg II, Radshield 25	18
Abb. 4	208C (KI), 208C (TEDA), BJN 4712, Radshield 26	18

Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  als  $I_2$  bei verschiedenen Bettiefen  
und Alterungszeiten (130 °C):

Abb. 5	207B (KI) 207B (TEDA), Kiteg II, Radshield 25	19
Abb. 6	208C (KI), 208C (TEDA), BJN 4712, Radshield 26	19

Anhang A: Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  als  $I_2$  (als Funktion der Bettiefe)

Durchlaßgrad bei verschiedenen Nachströmzeiten (30 °C):

Abb. A- 1	207B (KI)	27
Abb. A- 2	207B (TEDA)	28
Abb. A- 3	Kiteg II	29
Abb. A- 4	Radshield 25	30
Abb. A- 5	208C (KI)	31
Abb. A- 6	208C (TEDA)	32
Abb. A- 7	BJN 4712	33
Abb. A- 8	Radshield 26	34

Durchlaßgrad bei verschiedenen Nachströmzeiten (130 °C)

Abb. A- 9	207B (KI)	35
Abb. A-10	207B (TEDA)	36
Abb. A-11	Kiteg II	37
Abb. A-12	Radshield 25	38
Abb. A-13	208C (KI)	39
Abb. A-14	208C (TEDA)	40
Abb. A-15	BJN 4712	41
Abb. A-16	Radshield 26	42

## Durchlaßgrad bei verschiedenen Alterungszeiten (30 °C):

Abb. A-17	207B (KI)	43
Abb. A-18	207B (TEDA)	44
Abb. A-19	Kiteg II	45
Abb. A-20	Radshield 25	46
Abb. A-21	208C (KI)	47
Abb. A-22	208C (TEDA)	48
Abb. A-23	BJN 4712	49
Abb. A-24	Radshield 26	50

## Durchlaßgrad bei verschiedenen Alterungszeiten (130 °C):

Abb. A-25	207B (KI)	51
Abb. A-26	207B (TEDA)	52
Abb. A-27	Kiteg II	53
Abb. A-28	Radshield 25	54

Durchlaßgrad (bei einer Alterungszeit von 12 Monaten)  
ohne und mit Vorerhitzen auf 180 °C (30 °C):

Abb. A-29	207B (KI)	55
Abb. A-30	207B (TEDA)	56
Abb. A-31	Kiteg II	57
Abb. A-32	Radshield 25	58

## Durchlaßgrad bei verschiedenen Nachströmzeiten (30 °C):

Abb. A-33	207B	59
Abb. A-34	208C	60

## Durchlaßgrad bei verschiedenen Nachströmzeiten (130 °C):

Abb. A-35	207B	61
Abb. A-36	208C	62

Anhang B: Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten  
( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

## Verteilung bei verschiedenen Alterungszeiten (30 °C):

Abb. B- 1	207B (KI)	64
Abb. B- 2	207B (TEDA)	65
Abb. B- 3	Kiteg II	66
Abb. B- 4	Radshield 25	67

## Verteilung bei verschiedenen Alterungszeiten (130 °C):

Abb. B- 5	207B (KI)	68
Abb. B- 6	207B (TEDA)	69
Abb. B- 7	Kiteg II	70
Abb. B- 8	Radshield 25	71

## Verteilung bei verschiedenen Temperaturen (30 bzw. 130 °C):

Abb. B- 9	207B	72
Abb. B-10	208C	73

## 1. Einleitung

Deutsche Druckwasserreaktoren (DWR) sind mit Iodfiltern zur Filtration der Ringraumabluft im Störfall ausgerüstet /1/. In den RSK-Leitlinien für DWR wird für diese Filter ein Abscheidegrad von  $\geq 99,99$  % bzw. ein Durchlaßgrad von  $\leq 0,01$  % für elementares Radioiod ( $I_2$ ) gefordert. Die entsprechenden Werte für organisches Radioiod (vorwiegend  $CH_3I$ ) sind 99 % bzw. 1 % /2/.

Vor allem um festzustellen, mit welchen Aktivkohlen die genannten Werte für elementares Radioiod am besten erreicht werden können, wurden Untersuchungen zur Abscheidung von elementarem  $^{131}I$  an verschiedenen kommerziellen Aktivkohlen unter simulierten Störfallbedingungen durchgeführt.

In diesem Bericht wird auf Untersuchungen eingegangen, die unter Bedingungen durchgeführt wurden, die hinsichtlich der Bedingungen im Ringraum eines DWR während eines Auslegungsstörfalls als konservativ angesehen werden können (maximale Temperatur:  $130$  °C). Über die Messungen wurde teilweise schon berichtet /3/. Auf Untersuchungen unter extremen Bedingungen (Temperatur:  $180$  °C) wird in einem anderen Bericht eingegangen /4/.

## 2. Auslegung und Betrieb von DWR-Störfallfiltern

Auf Daten zu Auslegung und Betrieb von deutschen DWR-Ringraumabluftfiltern für den Auslegungsstörfall wurde bereits eingegangen /3/. Die Daten sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Es ist insbesondere ersichtlich, daß eine hohe Temperatur (deutlich unter  $150$  °C) nur während einer kurzen Periode (deutlich kürzer als ein Tag) zu erwarten ist.

Aus Daten für schwere Störfälle /5/ kann geschlossen werden, daß die Belastung der DWR-Ringraumabluftfilter bei schweren Störfällen nicht viel größer ist als im Auslegungsstörfall, wenn die Integrität des Sicherheitsbehälters erhalten bleibt.

Tab. 1: Daten deutscher DWR-Ringraumabluftfilter  
(Auslegungsstörfall)

Parameter	Einheit	Wert
Bettiefe	cm	≈ 50
Luftgeschwindigkeit	cm/s	≈ 50
Verweilzeit	s	≈ 1
Temperatur <sup>a)</sup>	°C	< 150; ≥ 30
relative Feuchte <sup>a)</sup>	%	< 10; ≤ 100
Dauer des Filterbetriebs <sup>a)</sup>	d	< 1; < 60
I-Konzentration	mg/m <sup>3</sup>	< 1
I-Beladung	mg/g <sup>b)</sup>	< 1

a) erster Wert : anfängliche Phase des Störfalls;  
zweiter Wert : spätere Phase des Störfalls

b) mg I/g Aktivkohle

### 3. Frühere Untersuchungen

Auf frühere, in der Literatur beschriebene Untersuchungen wurde ebenfalls bereits eingegangen /3/. Die wesentlichen Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt. Daraus geht hervor, daß bis etwa 150 °C bei einer vorgegebenen Aktivkohle (Korngröße) insbesondere Alterungszeit, Temperatur und Nachströmzeit (Spülzeit) für die Abscheidung von I<sub>2</sub> von Bedeutung sind. Die Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit der Vorstellung, daß die Abscheidung von I<sub>2</sub> an Aktivkohle weitgehend auf physikalischer Adsorption beruht.

Es ist zu betonen, daß in früheren Experimenten in der Regel eine geringe Verweilzeit (0,1 bis 0,2 s) verwendet wurde. Außerdem wurde generell keine genaue Analyse der chemischen Form des die untersuchte Aktivkohle penetrierenden Iods durchgeführt.

Tab. 2: Einfluß verschiedener Parameter auf den Durchlaßgrad (P) verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für Radioiod, beaufschlagt als I<sub>2</sub>, nach Literaturangaben (Temperatur ≤ 150 °C)

Parameter	Änderung von P bei Änderung oder Vergrößerung des Parameters	Bemerkungen a)
Grundmaterial	nicht signifikant	
Korngröße	Zunahme	P ≈ 10 <sup>-2</sup> % berichtet
Imprägnans	nicht signifikant	
Alterungszeit	Zunahme	P > 10 <sup>-2</sup> % berichtet
I <sub>2</sub> -Konzentration	möglicherweise signifikant	Bildung anderer Iodverbindungen; Überschreiten der Beladungs- kapazität
Temperatur	Zunahme	bei langer Nachströmzeit; P > 10 <sup>-2</sup> % berichtet
rel. Feuchte	nicht signifikant	
Luftgeschwindigkeit	nicht signifikant	bei gleicher Verweilzeit
Verweilzeit	Abnahme	
Nachströmzeit	Zunahme	bei hoher Temperatur; P ≈ 10 <sup>-2</sup> % berichtet
Bestrahlung	Zunahme	Bildung anderer Iodverbindungen; P ≈ 10 <sup>-2</sup> % berichtet

a) Durchlaßgrade (P): Maximalwerte bei einer Verweilzeit von 0,1 - 0,2 s

#### 4. Experimentelles

Daten der untersuchten kommerziellen Aktivkohlen gehen aus Tab. 3 hervor. Es wurden acht imprägnierte und, zum Vergleich, zwei nichtimprägnierte Aktivkohlen verwendet. Die Aktivkohlen 1 bis 4 sind gängige Aktivkohlen. 207B (KI) wird in den Iodfiltern deutscher Kernkraftwerke vorwiegend eingesetzt. Die Aktivkohlen 5 bis 8 sind weniger gängige, teilweise experimentelle Aktivkohlen. Die Aktivkohlen 5, 6 und 8 unterscheiden sich jeweils nur durch das Grundmaterial von den Aktivkohlen 1, 2 und 4. Die nichtimprägnierten Aktivkohlen (9 und 10) werden in Iodfiltern von Kernkraftwerken nicht verwendet (geringe Abscheidung von organischem Radioiod bei hoher relativer Feuchte; vgl. Kap. 5).

Es wurden frische und zum Teil auch gealterte Aktivkohlen untersucht. Die Alterung erfolgte in der Anlagenraumabluft eines DWR. Die in dieser Abluft auftretenden, die Abscheidung von Radioiod an Aktivkohle beeinflussenden Schadstoffe bestehen vorwiegend aus organischen Substanzen (Toluol, Xylol, Nonan, Decan, Dodecan). Anorganische, die Alkalinität der Aktivkohle herabsetzende Substanzen sind zu vernachlässigen /6,7,8,9/. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ergaben sich die gleichen Befunde.

Die Alterungszeit in der Anlagenraumabluft betrug 12 Monate. Die Luftgeschwindigkeit in den Aktivkohlestrecken entsprach der in deutschen DWR-Ringraumabluftfiltern und in den anschließenden Labortests eingehaltenen Luftgeschwindigkeit (50 cm/s).

Die Parameter der Labortests sind in Tab. 4 wiedergegeben. Es wurden i. allg. zwei Kombinationen der Temperatur und relativen Feuchte verwendet: a) 30 °C und 98 - 100 % r. F. sowie b) 130 °C und 2 % r. F. Die zweite Kombination kann als in konservativer Weise repräsentativ für die Bedingungen im Ringraum eines DWR während der anfänglichen Phase eines Auslegungsstörfalls angesehen werden, die erste Kombination für die Bedingungen danach. Zur Klärung des Einflusses einer kurzzeitig auftretenden sehr hohen Temperatur wurde in vier Tests vor dem normalen Vorströmen (Vorbefeuchten) bei Testbedingungen während vier Stunden eine Temperatur von 180 °C eingehalten (relative Feuchte: < 1 %).

Die Nachströmzeit (Spülzeit) nach Ende des Einleitens des Radioiods betrug 2 oder 168 h (1 Woche). Die lange Nachströmzeit war viel länger als die bei hoher Temperatur erwartete Betriebszeit eines Ringraumabluftfilters im Auslegungsstörfall (< 24 h). Eine Übersicht der bei verschiedenen Temperaturen, Nachströmzeiten, und Aktivkohlen (frisch bzw. gealtert) durchgeführten Tests gibt Tab. 5.

Die Bettiefe und Verweilzeit (25 cm bzw. 0,5 s) waren kürzer als bei Ringraumabluftfiltern (50 cm bzw. 1,0 s).

Die Testbetten waren unterteilt, um den Abscheidegrad oder Durchlaßgrad als Funktion der Bettiefe bzw. Verweilzeit zu messen. Bei den gealterten Aktivkohlen wurden die Aktivkohlestrecken unverändert eingesetzt, d. h. die Aktivkohleschichtung wurde nicht verändert.

Die den Testbetten nachgeschalteten, bei ca. 80 °C betriebenen Sicherheitsbetten waren ebenfalls unterteilt, um eine Unterscheidung der die Testbetten durchdringenden Iodverbindungen zu ermöglichen. Die Sicherheitsbetten, denen ein Schwebstofffilter der Klasse S vorgeschaltet war, bestanden in Strömungsrichtung aus:

- a) 2 Betten DSM11 zur Abscheidung von I<sub>2</sub>;
- b) 2 Betten AC6120 zur Abscheidung von leicht abscheidbaren Iodverbindungen (z. B. CH<sub>3</sub>I);
- c) 7 Betten 207B (KI) zur Abscheidung von schwerer abscheidbaren Iodverbindungen.

Daten der Sorbentien DSM11 und AC6120 finden sich in der Literatur /10, 11/. Die Aktivkohle 207B (KI) war dieselbe wie die in Tab. 3 angegebene.

Das elementare Iod war mit <sup>131</sup>I markiert. Der minimal nachweisbare Durchlaßgrad betrug ca. 10<sup>-5</sup> %.

Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse geht aus jeweils zwei Tests unter gleichen Bedingungen bei den Aktivkohlen 207B (KI) und 207B (TEDA) hervor. Die Abb. 1 und 2 enthalten den Durchlaßgrad als Funktion der Bettiefe.

Es läßt sich jeweils ein steiler und flacher Teil der Durchlaßkurve unterscheiden. (Bei 207B (KI) ist in Test 1 der flache Teil nicht deutlich ausgeprägt.) Der steile Teil kann  $I_2$  zugeschrieben werden; der flache Teil weitgehend anderen, schwerer abscheidbaren Iodverbindungen, die in geringen Anteilen als Verunreinigungen vorhanden sind oder im Testbett gebildet werden.

Sowohl im steilen Teil der Durchlaßkurven als auch im flachen Teil sind jeweils deutliche Unterschiede zwischen Test 1 und 2 festzustellen. Die Unterschiede im steilen Teil der Durchlaßkurven können zumindest teilweise auf Leckage der flachen Teilbetten (Bettiefe: 1,25 cm) zurückgeführt werden. Es ist jedoch zu erwähnen, daß Unregelmäßigkeiten wie bei 207B (TEDA) in Test 2 nur am Anfang der Untersuchungen auftraten.

Berechnet aus den ersten drei Teilbetten ergaben sich in den genannten Tests folgende mittlere K-Werte und Standardabweichungen derselben:

a) Aktivkohle 207B (KI):

$$\text{Test 1: } K = 60 \pm 9 \text{ s}^{-1};$$

$$\text{Test 2: } K = 67 \pm 14 \text{ s}^{-1}.$$

b) Aktivkohle 207B (TEDA):

$$\text{Test 1: } K = 63 \pm 7 \text{ s}^{-1};$$

$$\text{Test 2: } K = 56 \pm 18 \text{ s}^{-1}.$$

In den ersten Tests lagen die Standardabweichungen der mittleren K-Werte jeweils unter  $10 \text{ s}^{-1}$  und somit nicht höher als in vergleichbaren, d. h. etwa gleich hohe K-Werte liefernden Tests mit  $\text{CH}_3\text{I}$  /12/.

Die relativ großen Unterschiede im flachen Teil der Durchlaßkurven reflektieren das stark schwankende Auftreten von anderen Iodverbindungen als  $I_2$  in geringen Anteilen.

Einzelheiten zur Durchführung und Auswertung der Tests können der Literatur entnommen werden /1,12/.

Tab. 3: Daten der untersuchten Aktivkohlen

Nummer	Bezeichnung	Grundmaterial	Korngröße <sup>a)</sup> [mesh]	Imprägnans <sup>b)</sup>	Lieferant
1	207B (KI)	Steinkohle	8 - 12	KI	Sutcliffe Speakman
2	207B (TEDA)	Steinkohle	8 - 12	TEDA	Sutcliffe Speakman
3	Kiteg II	Kokosnuß- schale	8 - 16	KI + tertiäres Amin	Nuclear Consulting Services
4	Radshield 25	Kokosnuß- schale	8 - 16	tertiäres Amin	Charcoal Engineering
5	208C (KI)	Kokosnuß- schale	8 - 12	KI	Sutcliffe Speakman
6	208C (TEDA)	Kokosnuß- schale	8 - 12	TEDA	Sutcliffe Speakman
7	BJN 4712	Holzkohle	≈ 14	KI	Degussa
8	Radshield 26	Steinkohle	8 - 16	tertiäres Amin	Charcoal Engineering
9	207B	Steinkohle	8 - 12	—	Sutcliffe Speakman
10	208C	Kokosnuß- schale	8 - 12	—	Sutcliffe Speakman

a) 8 - 12 mesh: BS 410 /13/; 8 - 16 mesh: ASTM D2862 /14/;  
 ≈ 14 mesh: Stäbchendurchmesser 1,2 mm

b) bei Kiteg II und BJN 4712 noch weitere Imprägnantien; —: kein Imprägnans

Tab. 4: Testparameter

Parameter	Einheit	Wert
Temperatur	°C	30 bzw. 130
relative Feuchte <sup>a)</sup>	%	98 - 100 bzw. 2
lineare Luftgeschwindigkeit	cm/s	50
Bettiefe <sup>b)</sup>	cm	25
Verweilzeit	s	0,5
Vorströmzeit <sup>c)</sup>	h	≥ 16 bzw. 1
Einleitzeit	h	1
Nachströmzeit	h	2 bzw. 168
I <sub>2</sub> -Konzentration	mg/m <sup>3</sup>	1

a) 98 - 100 % bei 30 °C; 2 % bei 130 °C (Taupunkt: 30 °C)

b) 10 Betten einer Tiefe von 2,5 cm; erste 2 Betten in Teilbetten einer Tiefe von 1,25 cm unterteilt; Bettdurchmesser jeweils 2,5 cm; Reihenfolge der Betten wie bei der Alterung im KKW (Abmessungen der (ganzen) Betten ebenfalls für nachgeschaltete Sicherheitsbetten geltend)

c) ≥ 16 h bei 30 °C; 1 h bei 130 °C

(entsprechend Testtemperatur; in 4 Tests zusätzlich vorher 4 h bei 180 °C; vgl. Tab. 5)

Tab. 5: Testübersicht <sup>a)</sup>

Kohle- klasse <sup>b)</sup>	Temperatur [°C]	Nachström- zeit [h]	Kohle- nummer <sup>b)</sup>	Testdurchführung <sup>c)</sup>	
				0 Monate <sup>d)</sup>	12 Monate <sup>d)</sup>
imprägnierte Kohle	30	2	1-4 5-8	+	-
		168	1-4 5-8	+	+ e)
	130	2	1-4 5-8	+	-
		168	1-4 5-8	+	+ -
nicht- imprägnierte Kohle	30	2	9,10	+	-
		168	9,10	+	-
	130	2	9,10	+	-
		168	9,10	+	-

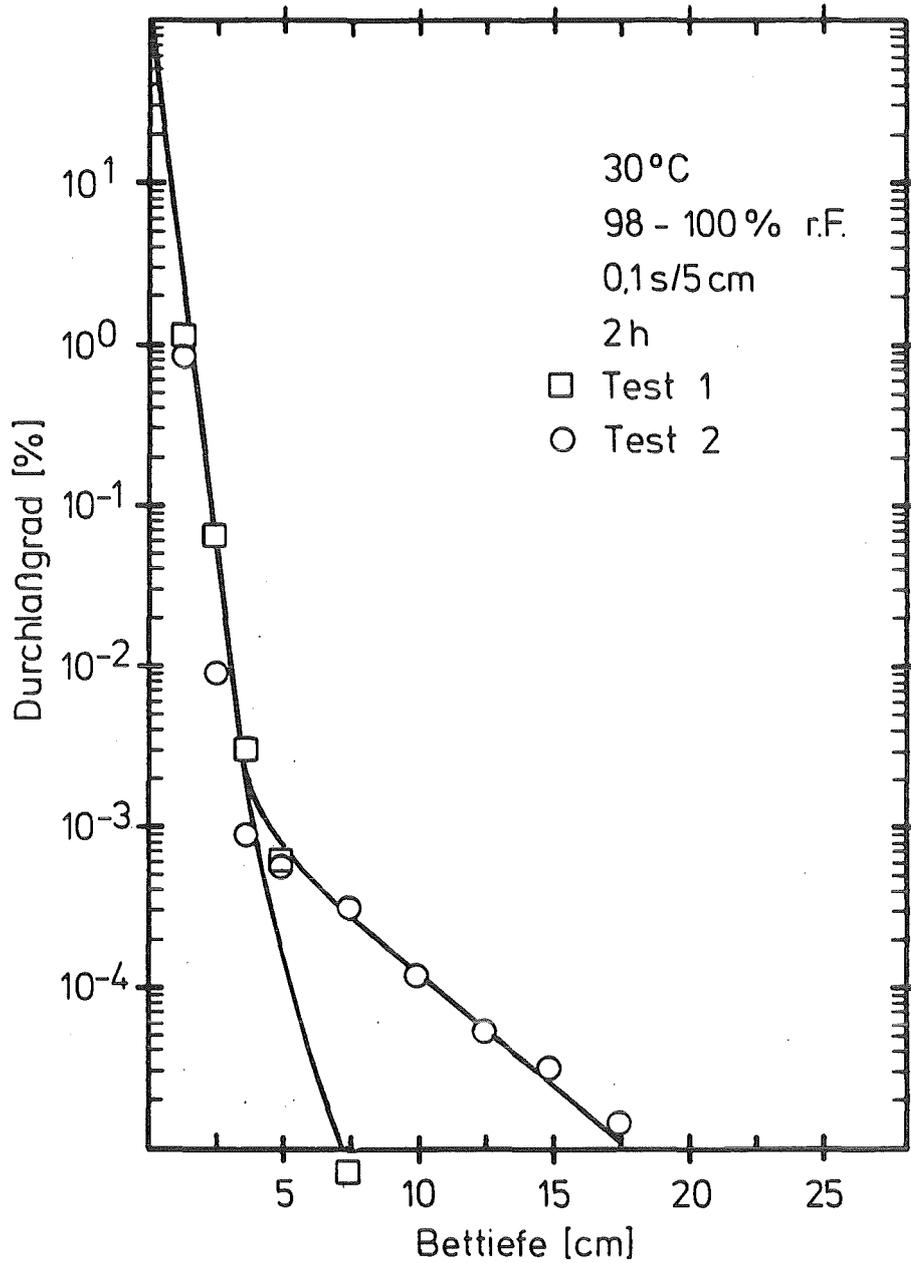
a) weitere Parameter: siehe Tab. 4

b) vgl. Tab. 3

c) +: ja; -: nein

d) Alterungszeit in der Anlagenraumabluft eines DWR (ca. 30 °C, 40 % r.F., 50 cm/s)

e) ebenfalls nach Vorerhitzen (4 h, 180 °C, <1 % r.F., 50 cm/s)

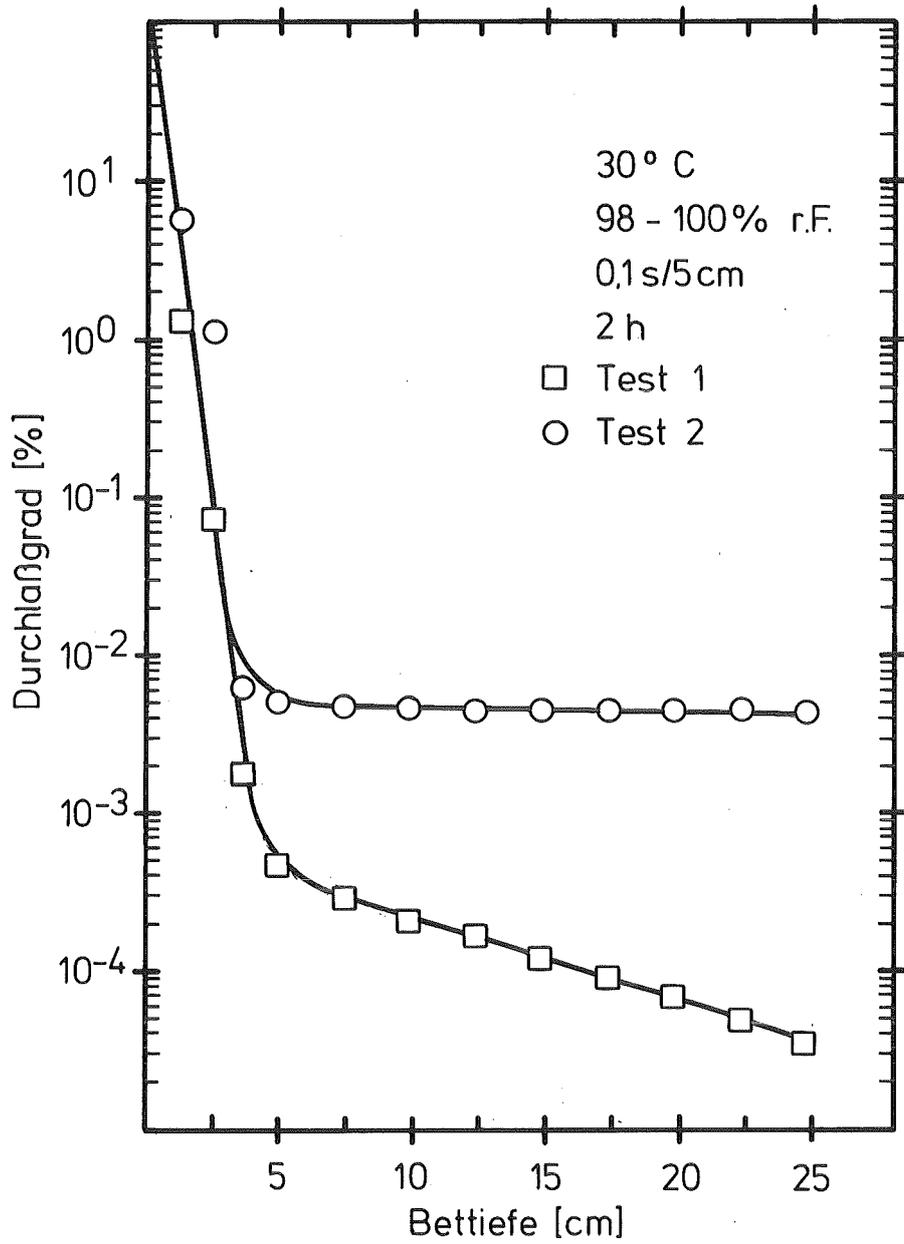


KfK LAF II D8333

Durchlaßgrad von 207B (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
in Tests unter gleichen Bedingungen

Abb. 1 a)

a) weitere Parameter: s. Tab. 4



KIK LAF II D8334

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
in Tests unter gleichen Bedingungen

Abb. 2 a)

a) weitere Parameter: s. Tab. 4

## 5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen zur Abscheidung von  $^{131}\text{I}$ , beaufschlagt als  $\text{I}_2$ , an den in Tab. 3 aufgeführten imprägnierten und nichtimprägnierten Aktivkohlen unter den in Tab. 4 verzeichneten Bedingungen wiedergegeben. Wie erwähnt, wurden teilweise auch Messungen mit Aktivkohlen durchgeführt, die während 12 Monaten in der Anlagenraumabluft eines DWR gealtert worden waren. Die Alterung ist im folgenden jeweils ausdrücklich vermerkt, d. h. ohne diesen Vermerk beziehen sich die Ergebnisse auf neue Aktivkohlen (vgl. Tab. 5). Zunächst wird auf den Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  eingegangen, dann auf die chemische Form des die Testbetten penetrierenden  $^{131}\text{I}$ .

### 5.1 Durchlaßgrad für $^{131}\text{I}$

Zuerst seien die imprägnierten Aktivkohlen behandelt. In den Abb. A-1 bis A-28 (Anhang A) ist der jeweils ermittelte Durchlaßgrad als Funktion der Bettiefe bei verschiedenen Nachströmzeiten (2 bzw. 168 h) und Alterungszeiten (keine Alterung oder Alterung während 12 Monaten), jeweils bei 30 und 130 °C, dargestellt. Wie bei den schon aufgeführten Ergebnissen (Abb. 1 und 2) läßt sich meistens ein steiler Teil (Bettiefe  $\leq$  ca. 5 cm) und ein flacher Teil (Bettiefe  $>$ ca. 5 cm) der Durchlaßkurve unterscheiden. Wie bereits erwähnt, kann der steile Teil  $\text{I}_2$  zugeschrieben werden, der flache Teil weitgehend anderen, schwerer abscheidbaren Iodverbindungen, die in geringen Anteilen als Verunreinigungen vorhanden sind oder im Testbett gebildet werden (vgl. Kap. 5.2).

Aus den Abb. A-1 bis A-28 geht hervor, daß sich das Nachströmen bei 30 °C nur im flachen Teil der Durchlaßkurve bemerkbar macht, bei 130 °C in beiden Teilen. Der Einfluß der Alterung ist bei 30 und 130 °C in beiden Teilen der Durchlaßkurve festzustellen.

Die Tab. 6 und 7 sowie die Abb. 3 bis 6 geben einen Überblick der bei verschiedenen Bettiefen, Alterungszeiten und Temperaturen gemessenen Durchlaßgrade (Nachströmzeit: 168 h). Es ist folgendes zu erkennen:

a) Temperatur von 30 °C (Tab. 6, Abb. 3,4):

Die bei verschiedenen Aktivkohlen gefundenen Durchlaßgrade unterschieden

sich nur in geringem Maße. Bei einer Alterungszeit von 12 Monaten waren die Durchlaßgrade etwa eine bis drei Größenordnungen höher als ohne Alterung. Bei einer Bettiefe von 25 cm (Verweilzeit: 0,5 s) betragen die Durchlaßgrade bei den gealterten Aktivkohlen etwa  $10^{-2}$  %.

b) Temperatur von 130 °C (Tab. 7, Abb. 5,6):

Die bei verschiedenen Aktivkohlen gefundenen Durchlaßgrade unterschieden sich stärker als bei 30 °C. Insbesondere bei 207B (TEDA) und Radshield 26 wurden relativ hohe Durchlaßgrade festgestellt (s. u.). Bei den gealterten Aktivkohlen waren die Unterschiede, soweit Werte vorliegen, jedoch relativ gering. Bei einer Alterungszeit von 12 Monaten waren die Durchlaßgrade wieder etwa bis drei Größenordnungen höher als ohne Alterung. Bei einer Bettiefe von 25 cm betragen die Durchlaßgrade bei den gealterten Aktivkohlen etwa  $10^{-2}$  bis  $10^{-1}$  %.

Zu den bei 207B (TEDA) und Radshield 26 bei 130 °C im Neuzustand erzielten Durchlaßgraden ist zu vermerken, daß bei Wiederholung der Tests praktisch die gleichen Werte erhalten wurden. In Anbetracht dessen, daß bei 208C (TEDA) und Radshield 25 (gleiches Imprägnans, anderes Grundmaterial) nicht aus dem Rahmen fallende Ergebnisse erzielt wurden, sind die bei 207B (TEDA) und Radshield 26 gemessenen Werte nicht verständlich.

Der Einfluß eines zusätzlichen vierstündigen Vorerhitzens von gealterten Aktivkohlen auf 180 °C geht aus den Abb. A-29 bis A-32 hervor. Es ist praktisch keine Änderung des Durchlaßgrades zu erkennen, abgesehen von kleinen Bettiefen ( $\leq 2,5$  cm), bei denen nach Vorerhitzen geringere Durchlaßgrade ermittelt wurden. Dieser Effekt ist auf Regenerierung der Aktivkohle zurückzuführen. Die Regenerierung war allerdings nicht vollständig, wie ein Vergleich mit den bei frischen Aktivkohlen erzielten Durchlaßgraden (Abb. A-1 bis A-4) zeigt.

Zu den bei den imprägnierten Aktivkohlen gewonnenen Ergebnissen ist insgesamt zu sagen, daß der in den RSK-Leitlinien angesetzte maximale Durchlaßgrad von  $10^{-2}$  % bei den untersuchten Bedingungen überschritten werden kann, wenn die chemische Form des penetrierenden Radioiods (s. Kap. 5.2) nicht berücksichtigt wird.

Es seien nun die zum Vergleich mit nichtimprägnierten Aktivkohlen (207B, 208C) durchgeführten Tests besprochen. Die Tab. 8 gibt einen Überblick der bei verschiedenen Bettiefen und Temperaturen gemessenen Durchlaßgrade (Nachströmzeit: 168 h). In den Abb. A-33 bis A-36 ist der Durchlaßgrad als Funktion der Bettiefe bei verschiedenen Nachströmzeiten (2 bzw. 168 h), jeweils bei 30 und 130 °C, angegeben.

Wie mit Imprägnans ist ohne Imprägnans jeweils ein steiler und flacher Teil der Durchlaßkurve zu erkennen. Es ist darüber hinaus folgendes ersichtlich (Nachströmzeit: 2 bzw. 168 h):

a) Temperatur von 30 °C (Abb. A-33, A-34):

Im steilen Teil der Durchlaßkurve entsprachen die Durchlaßgrade den bei den entsprechenden imprägnierten Aktivkohlen ermittelten, im flachen Teil waren sie höher (vgl. Abb. A-1, A-2).

b) Temperatur von 130 °C (Abb. A-35, A-36):

Sowohl im steilen Teil der Durchlaßkurve als auch im flachen Teil entsprachen die Durchlaßgrade weitgehend den bei den entsprechenden imprägnierten Aktivkohlen ermittelten (vgl. Abb. A-9, A-10).

Es ist weiterhin zu erkennen, daß sich die bei 207B und 208C erhaltenen Ergebnisse praktisch nicht unterscheiden.

Insgesamt geht aus den Ergebnissen hervor, daß, in Übereinstimmung mit früheren Befunden, unter den vorliegenden Bedingungen die Abscheidung von elementarem  $^{131}\text{I}$  durch das Imprägnans nicht beeinflußt wird. Nichtelementares  $^{131}\text{I}$  dagegen wird bei hoher relativer Feuchte mit Imprägnans besser abgeschieden als ohne Imprägnans. (Aus diesem Grund werden bekanntlich Aktivkohlen imprägniert.) Die Ergebnisse bestätigen außerdem, daß unter den vorliegenden Bedingungen die Art des Grundmaterials nicht signifikant ist. Die oben geschilderte, bei den imprägnierten Aktivkohlen trotz verschiedener Grundmaterialien und Imprägnantien festgestellte relativ gute Übereinstimmung der Durchlaßgrade ist somit verständlich.

Tab. 6: Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  (vgl. Abb. 3 und 4)

Temperatur : 30 °C  
 relative Feuchte : 98 - 100 % r. F.  
 Nachströmzeit : 168 h  
 weitere Parameter: s. Tab. 4

Kohle	Bettiefe [cm]	Verweilzeit [s]	Durchlaßgrad [%] <sup>a)</sup>	
			0 Monate <sup>b)</sup>	12 Monate <sup>b)</sup>
207B (KI)	5	0,1	2,7 (-3)	7,0 (-2)
	25	0,5	1,2 (-4)	1,4 (-2)
207B (TEDA)	5	0,1	1,5 (-3)	3,2 (-1)
	25	0,5	1,2 (-4)	1,2 (-2)
Kiteg II	5	0,1	2,4 (-3)	9,2 (-2)
	25	0,5	1,9 (-4)	1,1 (-2)
Radshield 25	5	0,1	1,1 (-3)	2,6 (-1)
	25	0,5	3,0 (-5)	2,8 (-2)
208C (KI)	5	0,1	7,3 (-4)	1,1 (-1)
	25	0,5	5,0 (-5)	5,4 (-3)
208C (TEDA)	5	0,1	1,1 (-3)	4,0 (-1)
	25	0,5	3,3 (-5)	6,8 (-3)
BJN 4712	5	0,1	2,9 (-3)	2,0 (-1)
	25	0,5	1,1 (-4)	1,0 (-2)
Radshield 26	5	0,1	1,1 (-3)	1,8 (-2)
	25	0,5	5,2 (-5)	3,9 (-3)

a)  $2,7 (-3) = 2,7 \cdot 10^{-3}$  usw.

b) Alterungszeit

Tab. 7: Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  (vgl. Abb. 5 und 6)

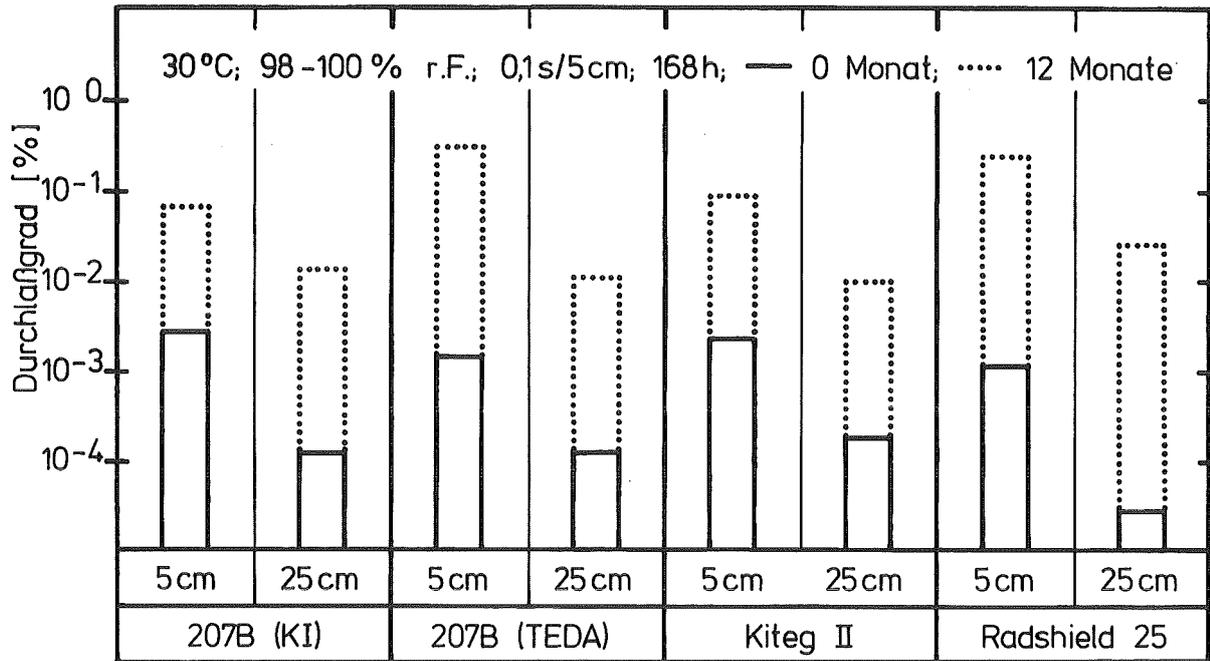
Temperatur : 130 °C  
 relative Feuchte : 2 %  
 Nachströmzeit : 168 h  
 weitere Parameter: s. Tab. 4

Kohle	Bettiefe [cm]	Verweilzeit [s]	Durchlaßgrad [%] <sup>a)</sup>	
			0 Monate <sup>b)</sup>	12 Monate <sup>b)</sup>
207B (KI)	5	0,1	3,0 (-3)	1,0 (+1)
	25	0,5	1,9 (-4)	7,8 (-3)
207B (TEDA)	5	0,1	3,8 (-1)	1,2 (+1)
	25	0,5	3,7 (-3)	4,3 (-2)
Kiteg II	5	0,1	4,3 (-2)	—
	25	0,5	4,4 (-4)	—
Radshield 25	5	0,1	5,2 (-3)	6,0 ( 0)
	25	0,5	3,5 (-4)	1,2 (-1)
208C (KI)	5	0,1	5,8 (-3)	—
	25	0,5	8,4 (-4)	—
208C (TEDA)	5	0,1	4,1 (-3)	—
	25	0,5	3,4 (-4)	—
BJN 4712	5	0,1	9,9 (-4)	—
	25	0,5	4,9 (-4)	—
Radshield 26	5	0,1	5,9 (-1)	—
	25	0,5	3,4 (-2)	—

a) 3,0 (-3) =  $3,0 \cdot 10^{-3}$  usw.

— : keine belastbaren Ergebnisse erzielt bzw. kein Test durchgeführt  
 (vgl. Tab. 5)

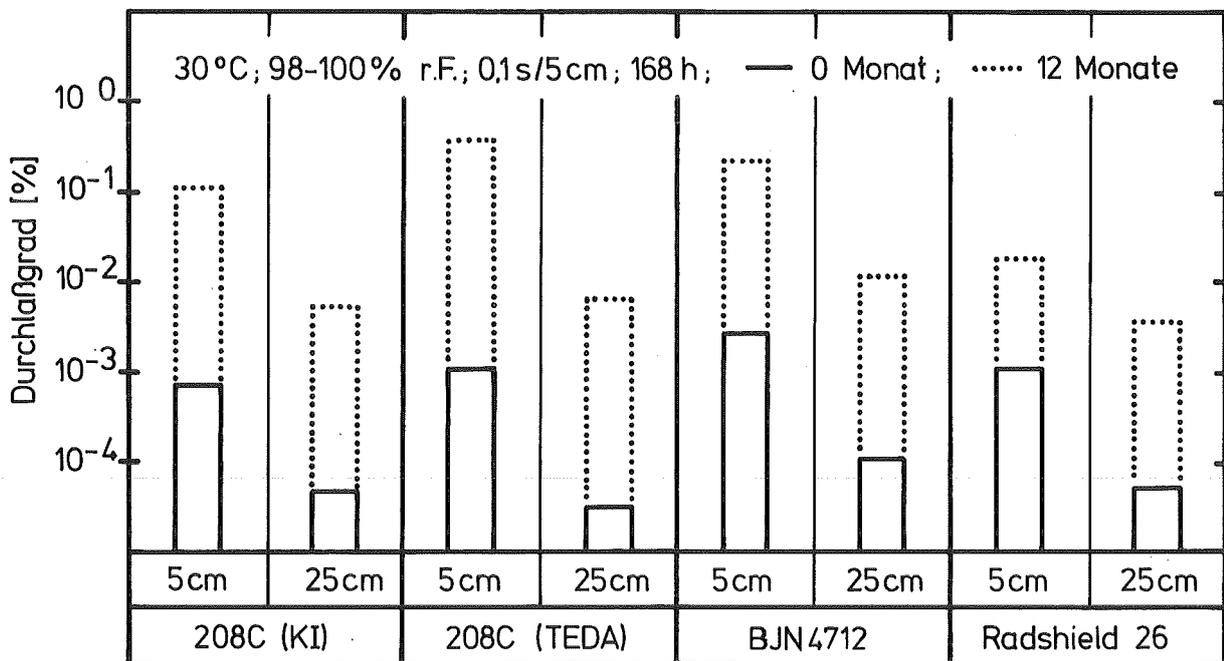
b) Alterungszeit



KIK LAF II D8350

Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub> bei verschiedenen Bettiefen und Alterungszeiten

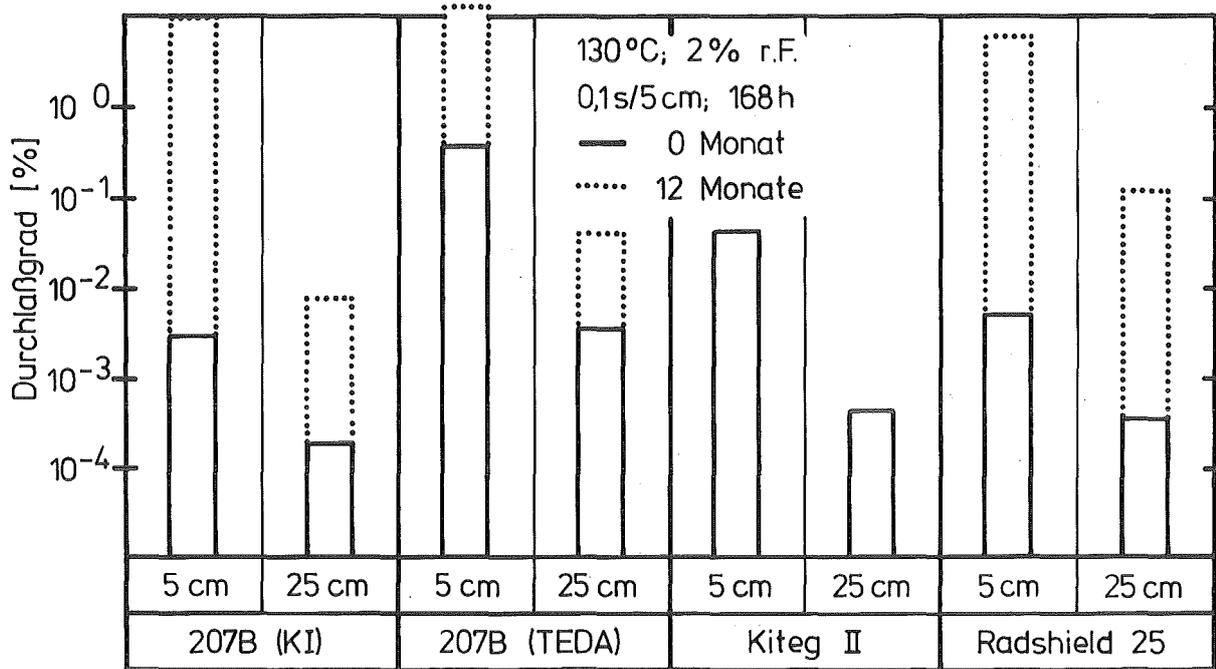
Abb. 3



KIK LAF II D8351

Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub> bei verschiedenen Bettiefen und Alterungszeiten

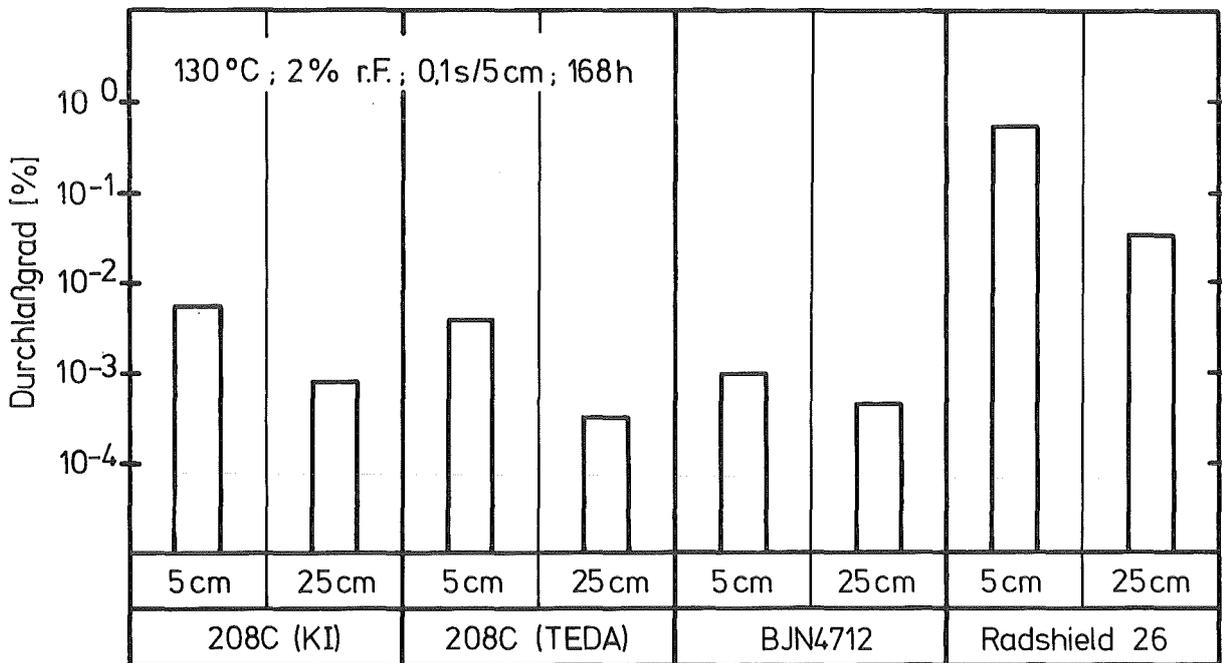
Abb. 4



KfK LAF II D8352

Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub> bei verschiedenen Bettiefen und Alterungszeiten

Abb. 5 a)



KfK LAF II D8353

Durchlaßgrad verschiedener imprägnierter Aktivkohlen für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub> bei verschiedenen Bettiefen (keine Alterung)

Abb. 6

a) bei gealterter Aktivkohle Kiteg II keine belastbaren Ergebnisse erzielt

Tab. 8: Durchlaßgrad verschiedener nichtimprägnierter Aktivkohlen für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$

Temperatur : 30 bzw. 130 °C  
 relative Feuchte : 98 - 100 bzw. 2 %  
 Nachströmzeit : 168 h  
 weitere Parameter : s. Tab. 4

Kohle	Bettiefe [cm]	Verweilzeit [s]	Durchlaßgrad [%] a)	
			30 °C	130 °C
207B	5	0,1	6,1 (-2)	3,9 (-3)
	25	0,5	4,9 (-2)	< 1,0 (-4)
208C	5	0,1	2,9 (-2)	3,0 (-2)
	25	0,5	2,4 (-2)	2,8 (-4)

a) 6,1 (-2) =  $6,1 \cdot 10^{-2}$  usw.

## 5.2 Chemische Form des penetrierenden $^{131}\text{I}$

Wie in Kap. 4 beschrieben, bestanden die den Testbetten nachgeschalteten Sicherheitsbetten aus verschiedenen Sorbentien, um eine Unterscheidung der die Testbetten durchdringenden Iodverbindungen zu ermöglichen. Den Sicherheitsbetten war außerdem ein Schwebstofffilter vorgeschaltet. Da an den Schwebstofffiltern in keinem Fall signifikante  $^{131}\text{I}$ -Mengen festgestellt wurden, werden diese im folgenden nicht berücksichtigt.

Zunächst sei auf die bei den imprägnierten Aktivkohlen erzielten Ergebnisse eingegangen. In den Abb. B-1 bis B-8 (Anhang B) ist für die Aktivkohlen 1 bis 4 die Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf die Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten (0 oder 12 Monate) und Temperaturen (30 oder 130 °C) der Testbetten angegeben (Nachströmzeit: 168 h). Der Effekt der Alterung ist klar erkenntlich: Bei den gealterten Aktivkohlen wurden viel höhere Anteile des  $^{131}\text{I}$  an den Testbetten 2 bis 10 und an den Sicherheitsbetten gefunden.

Aus der Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf die Sicherheitsbetten geht folgendes hervor:

a) Temperatur von 30 °C (Abb. B-1 bis B-4):

Das  $^{131}\text{I}$  wurde vollständig durch die Sicherheitsbetten zurückgehalten. Bei den frischen Aktivkohlen wurde das  $^{131}\text{I}$  nur an AC6120 gefunden. Bei den gealterten Aktivkohlen wurde das meiste  $^{131}\text{I}$  wieder an AC6120 festgestellt. Kein oder relativ wenig  $^{131}\text{I}$  wurde an DSM11 gemessen.

b) Temperatur von 130 °C (Abb. B-5 bis B-8):

Meistens, insbesondere bei den gealterten Aktivkohlen, wurde das  $^{131}\text{I}$  nicht vollständig durch die Sicherheitsbetten zurückgehalten. Bei den frischen Aktivkohlen wurde das  $^{131}\text{I}$  in starkem Maße durch AC6120 abgeschieden, abgesehen von dem Fall, in dem die Testbetten aus 207B (TEDA) bestanden. Bei den gealterten Aktivkohlen war das  $^{131}\text{I}$  ziemlich gleichmäßig auf AC6120 und nachfolgendes 207B (KI) verteilt. Es wurde wieder kein oder relativ wenig  $^{131}\text{I}$  an DSM11 gemessen.

Bei den Aktivkohlen 5 bis 8 wurde eine analoge Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf die Test- und Sicherheitsbetten ermittelt (nicht wiedergegeben).

Aus der Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf DSM11 ist zu schließen, daß praktisch kein  $^{131}\text{I}$  in elementarer Form die Testbetten durchdrang. Elementares  $^{131}\text{I}$  wäre

weitgehend am ersten DSM11-Bett abgeschieden worden, d. h. es hätte sich eine ungleichmäßige Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf DSM11 ergeben. (Die kleinen Mengen des  $^{131}\text{I}$ , die an DSM11 gefunden wurden, sind auf die Abscheidung von organischem  $^{131}\text{I}$  zurückzuführen.) Der Schluß, daß praktisch kein elementares  $^{131}\text{I}$  die Testbetten durchdrang, ist in Übereinstimmung mit der oben besprochenen Form der Durchlaßkurven.

Aus dem genannten Befund folgt, daß der in den RSK-Leitlinien angesetzte maximale Durchlaßgrad von  $10^{-2}$  % bei den untersuchten Bedingungen eindeutig nicht überschritten wird, wenn die chemische Form des penetrierenden Radioiods berücksichtigt wird.

Die Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf AC6120 und nachfolgendes 207B (KI) zeigt, daß bei  $30^\circ\text{C}$  das  $^{131}\text{I}$  weitgehend als  $\text{CH}_3\text{I}$  oder in ähnlichen, leicht abscheidbaren Formen auftrat. Bei  $130^\circ\text{C}$  trat das  $^{131}\text{I}$  in stärker penetrierenden Formen auf. Die Natur dieser Formen ist nicht bekannt.

Es seien nun die bei den nichtimprägnierten Aktivkohlen (207B, 208C) erzielten Ergebnisse erwähnt. In den Abb. B-9 und B-10 ist die Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf die Test- und Sicherheitsbetten bei  $30^\circ\text{C}$  und  $130^\circ\text{C}$  dargestellt (Nachströmzeit: 168 h). Bei  $30^\circ\text{C}$  war der Anteil des  $^{131}\text{I}$  auf den hintern Testbetten und auf den Sicherheitsbetten höher als in den entsprechenden Tests mit imprägnierter Aktivkohle. Bei  $130^\circ\text{C}$  war dagegen praktisch kein Unterschied zu den Tests mit imprägnierter Aktivkohle festzustellen. Der Befund bei  $30^\circ\text{C}$  beruht auf der bereits erwähnten geringen Abscheidung von nichtelementarem  $^{131}\text{I}$  bei hoher relativer Feuchte.

Aus der Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf DSM11 ist zu schließen, daß wie bei den entsprechenden imprägnierten Aktivkohlen praktisch kein  $^{131}\text{I}$  in elementarer Form die Testbetten durchdrang.

## 6. Zusammenfassung

Es wurden Untersuchungen zur Abscheidung von elementarem  $^{131}\text{I}$  ( $\text{I}_2$ ) an verschiedenen kommerziellen Aktivkohlen unter simulierten Störfallbedingungen durchgeführt, vor allem um festzustellen, mit welchen Aktivkohlen ein Abscheidegrad von  $\geq 99,99\%$  am besten erreicht werden kann. Dieser Wert wird in den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (DWR) für die Ringraumabluftfilter im Störfall gefordert.

Unter Bedingungen, die hinsichtlich der Bedingungen im Ringraum eines DWR während eines Auslegungsstörfalls als konservativ angesehen werden können (maximale Temperatur:  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ergab sich bei verschiedenen frischen und gealterten kommerziellen Aktivkohlen kein entscheidender Unterschied in der Abscheidung von  $^{131}\text{I}$ , beaufschlagt als  $\text{I}_2$ . In allen Fällen war das  $^{131}\text{I}$ , das tiefe Aktivkohlebetten (25 cm entsprechend einer Verweilzeit von 0,5 s) durchdrang, in einer nichtelementaren Form. Es ist zu schließen, daß der geforderte Abscheidegrad von 99,99 % für elementares Radioiod mit verschiedenen Aktivkohlen gleichermaßen erreicht werden kann.

## 7. Literatur

- /1/ Wilhelm, J.G.,  
Iodine Filters in Nuclear Installations,  
Commission of the European Communities,  
V/2110/83 (1982)
- /2/ Reaktorsicherheitskommission,  
RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren,  
Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1981)
- /3/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,  
Retention of Elemental Radioiodine by Deep Bed Carbon Filters Under  
Accident Conditions,  
17th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, Denver, 2. - 5.8.1982,  
CONF-820833 (1983) 248
- /4/ Deuber, H.,  
Abscheidung von elementarem  $^{131}\text{I}$  an Aktivkohlen unter extremen Bedingungen,  
KfK 3796 (to be published)
- /5/ Dillmann, H.-G., Pasler, H.,  
Theoretical and Experimental Investigations Into the Filtration of the  
Atmosphere Within the Containments of Pressurized Water Reactors After  
Serious Reactor Accidents,  
16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference,  
San Diego, 20. - 23.10.1980,  
CONF-801038 (1981) 373
- /6/ Furrer, J. et al.,  
Alterung und Vergiftung von Iod-Sorptionsmaterialien in Kernkraftwerken/  
Aging and Poisoning of Iodine Filters in Nuclear Power Plants,  
Kerntechnik 18 (1976) 313
- /7/ Wilhelm, J.G. et al.,  
Behavior of Gasketless Deep Bed Charcoal Filters for Radioiodine Removal  
in LWR Power Plants,  
16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference,  
San Diego, 20. - 23.10.1980,  
CONF-801038 (1981) 465
- /8/ Deuber, H., Gerlach, K.,  
Untersuchungen zur Abscheidung von  $^{131}\text{I}$  durch ein Iodfilter eines  
Druckwasserreaktors,  
KfK 3594 (1983)
- /9/ Deuber, H., Gerlach, K.,  
Untersuchungen zur Alterung von Aktivkohlen in der Abluft eines Druck-  
wasserreaktors (DWR4),  
KfK 3711 (1984)

- /10/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,  
Determination of the Physico-Chemical  $^{131}\text{I}$  Species in the Exhausts and  
Stack Effluent of a PWR Power Plant,  
15th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, Boston, 7. - 10.8.1978,  
CONF-780819 (1979) 446
  
- /11/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,  
Occurrence of Penetrating Iodine Species in the Exhaust Air of PWR  
Power Plants,  
16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference,  
San Diego, 20. - 23.10.1980,  
CONF-801038 (1981) 1354
  
- /12/ Deuber, H., Gerlach, K.,  
Parametrische Untersuchungen zur Abscheidung von Methyljodid an einer  
KI-imprägnierten Aktivkohle,  
KfK 3746 (1984)
  
- /13/ British Standard Institution,  
Specification for Test Sieves,  
BS 410 (1976)
  
- /14/ American Society for Testing and Materials,  
Standard Test Method for Particle Size Distribution of Granular Activated  
Carbon,  
ASTM D2862 (1970)

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundes-  
ministers des Inneren gefördert.

An der Durchführung und Auswertung der Messungen waren beteiligt:

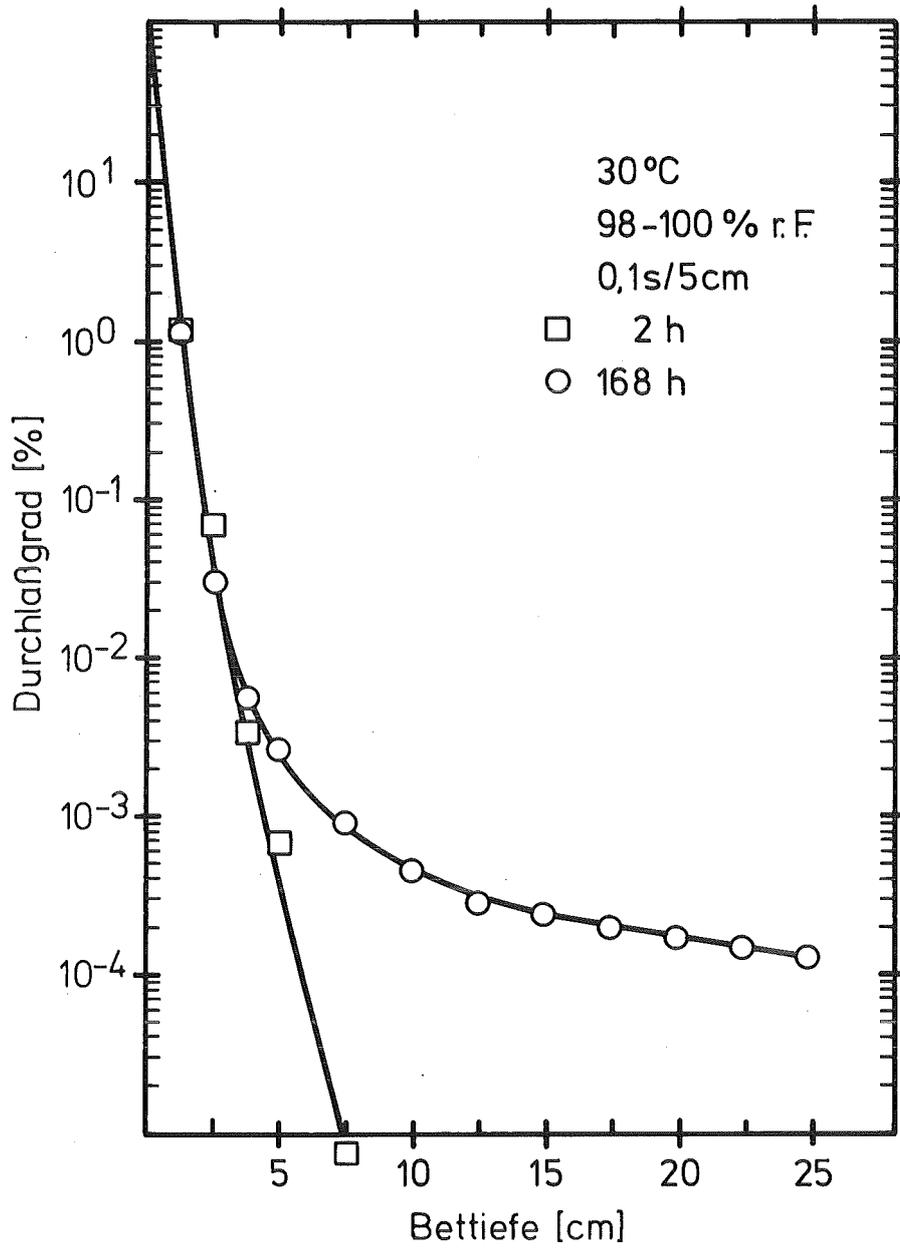
K. Bleier, H. Fischer, A. Ladanyi, W. Sellien, R. Sommerlatt und S. Winkler.

Anhang A

Durchlaßgrad für  $^{131}\text{I}$  als  $I_2$  (als Funktion der Bettiefe)

Daten der untersuchten Aktivkohlen: Tab. 3

Testparameter: Tab. 4

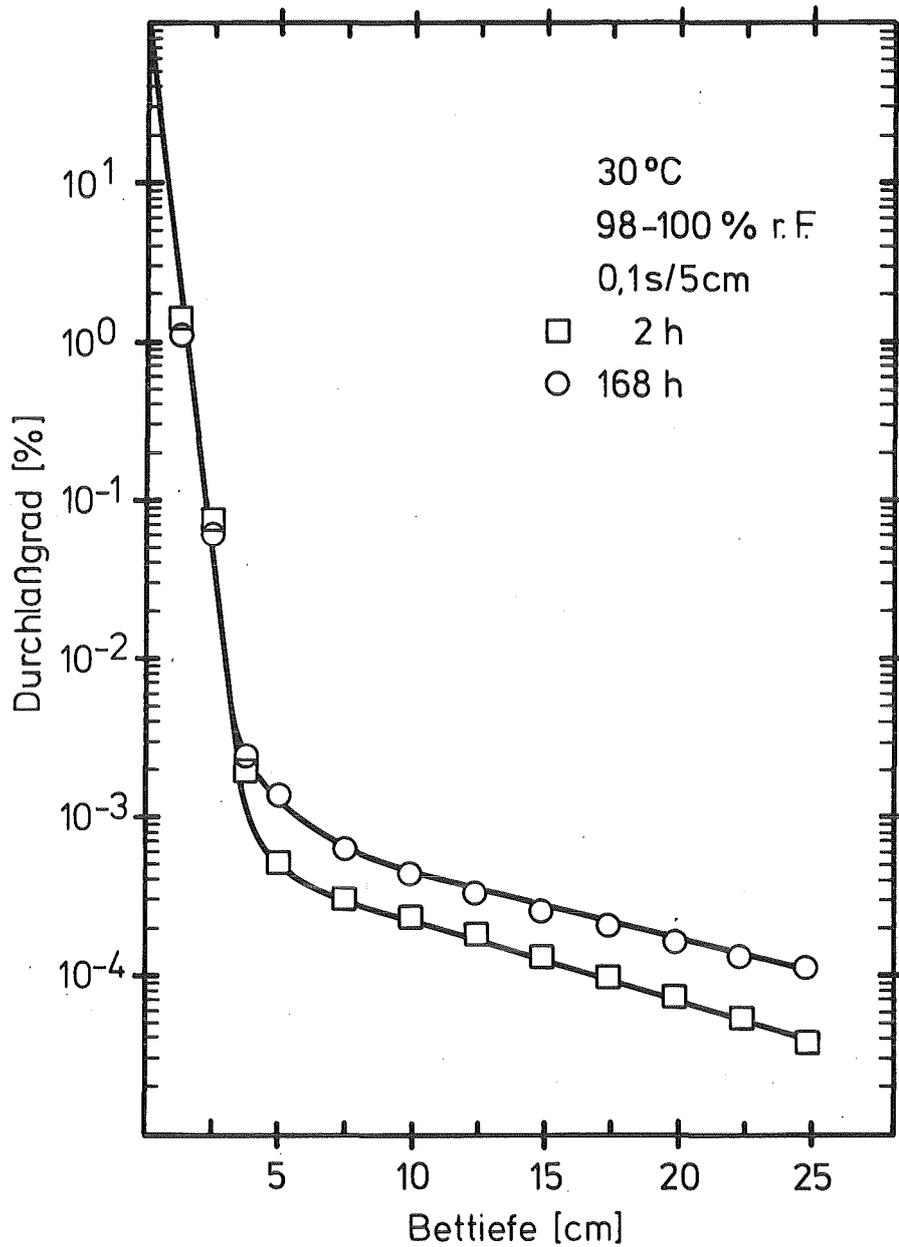


KfK LAF II D8227

Durchlaßgrad von 207B(KI) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. A-1 a)

a) 2 h: Test 1 (vgl. Abb. 1)

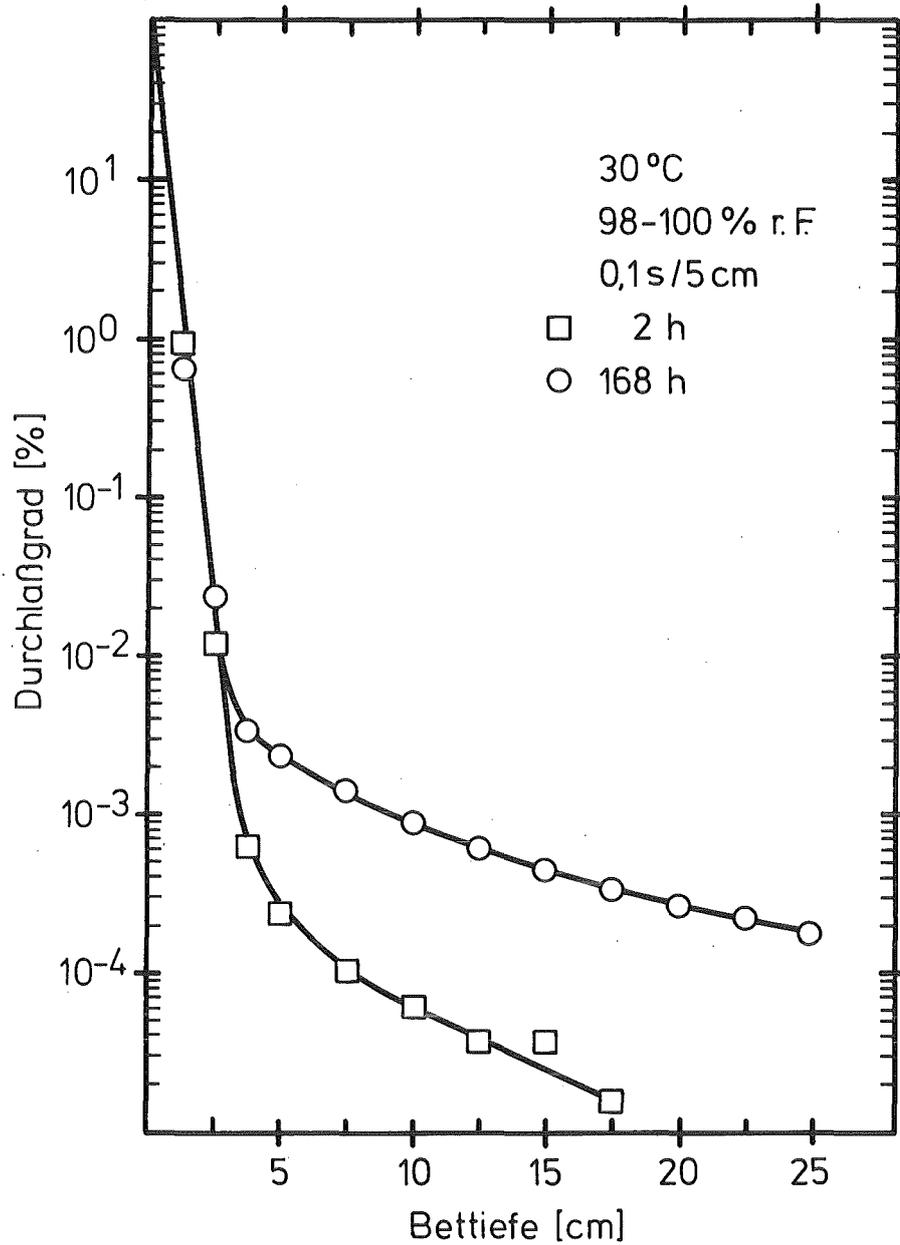


KfK LAF II D8229

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. A-2 a)

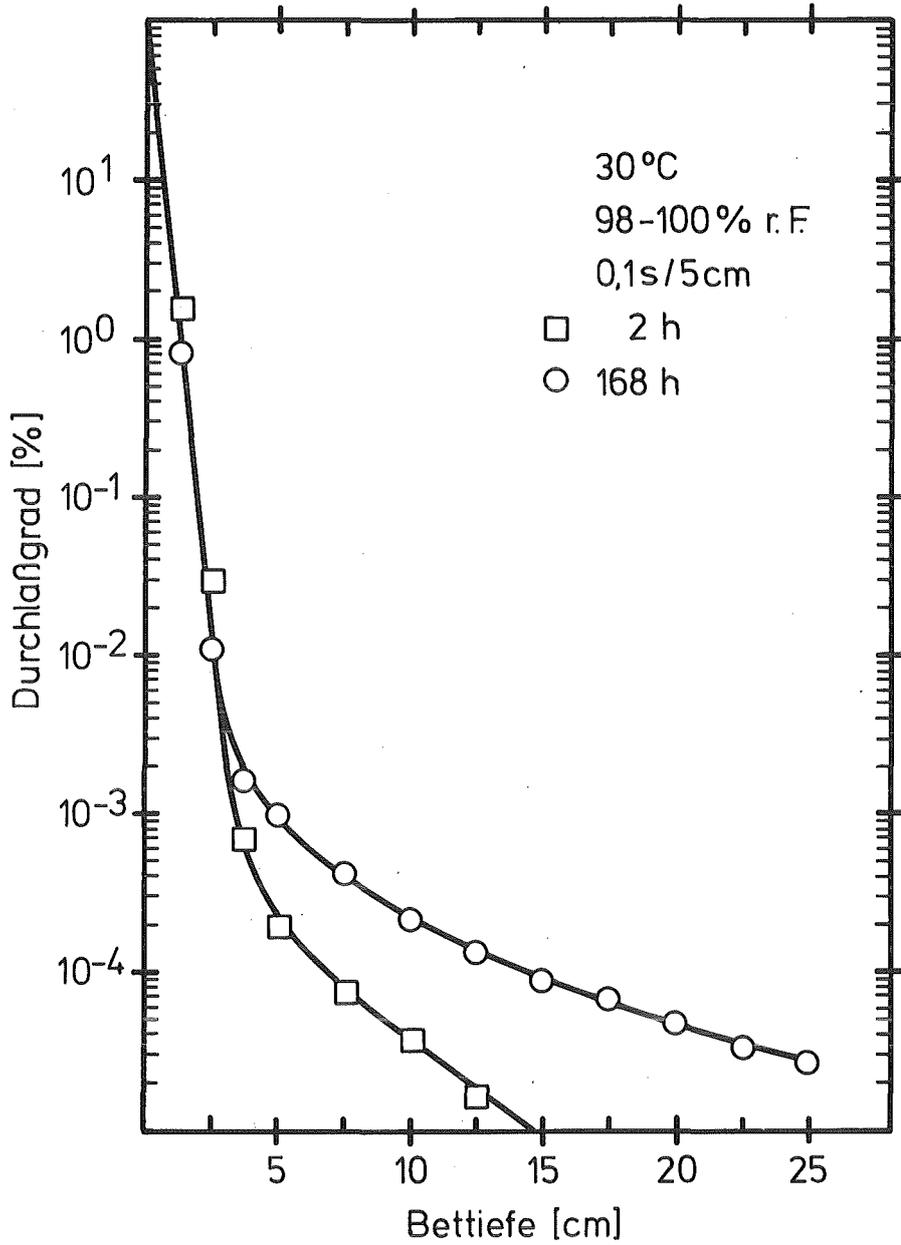
a) 2 h: Test 1 (vgl. Abb. 2)



**KIK** LAF II D8231

Durchlaßgrad von Kiteg II für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

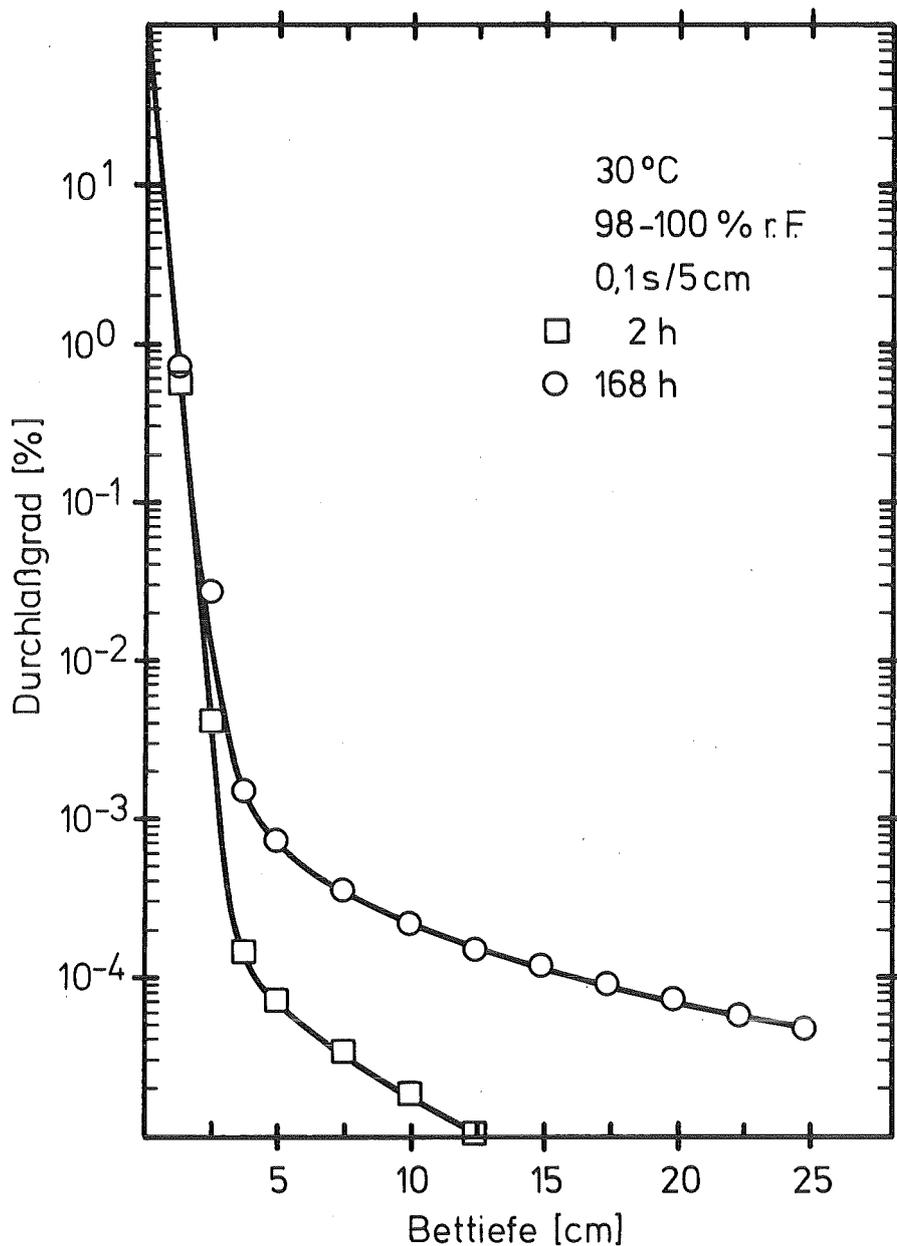
Abb. A-3



KfK LAF II D8233

Durchlaßgrad von Radshield 25 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

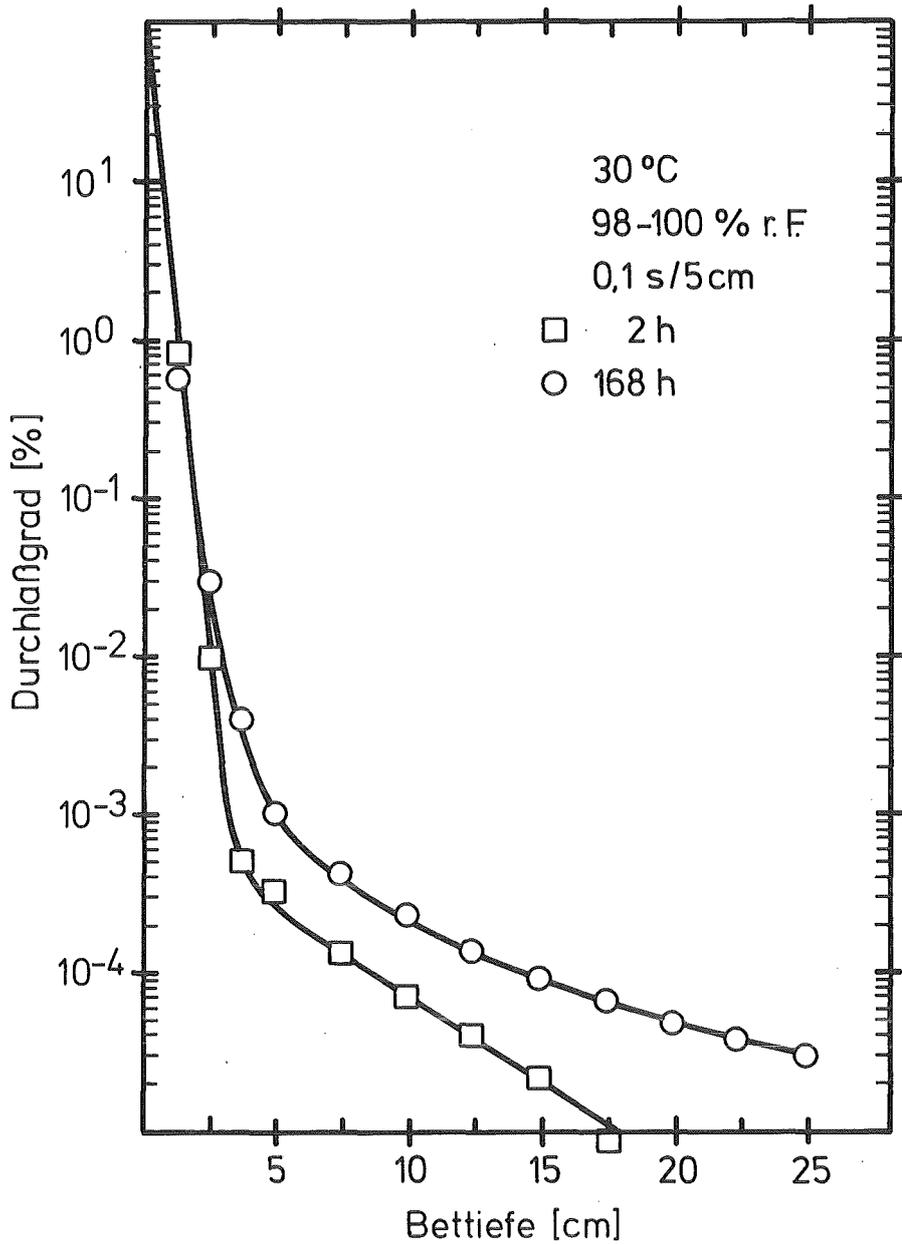
Abb. A-4



KfK LAF II D831

Durchlaßgrad von 208C (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

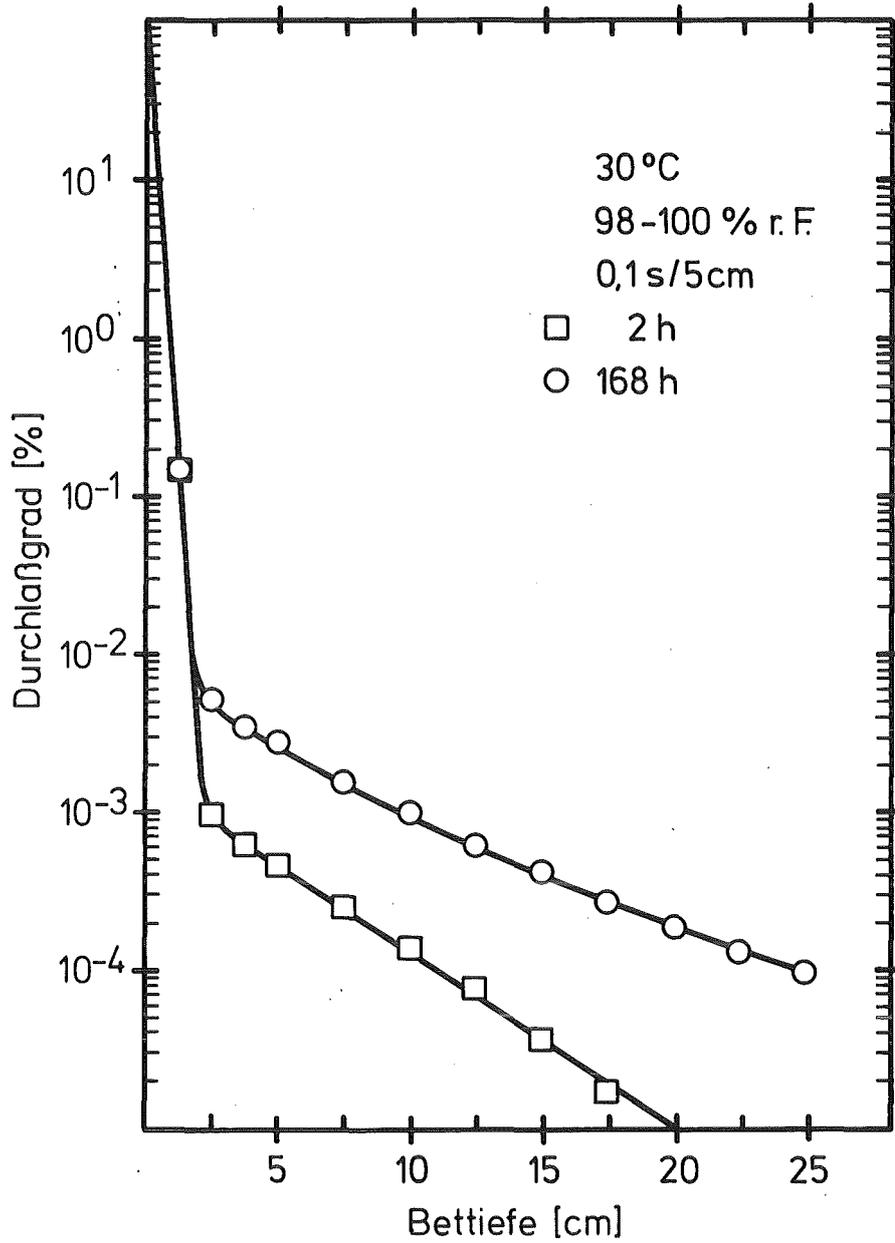
Abb. A-5



KfK LAF II D832

Durchlaßgrad von 208C (TEDA) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

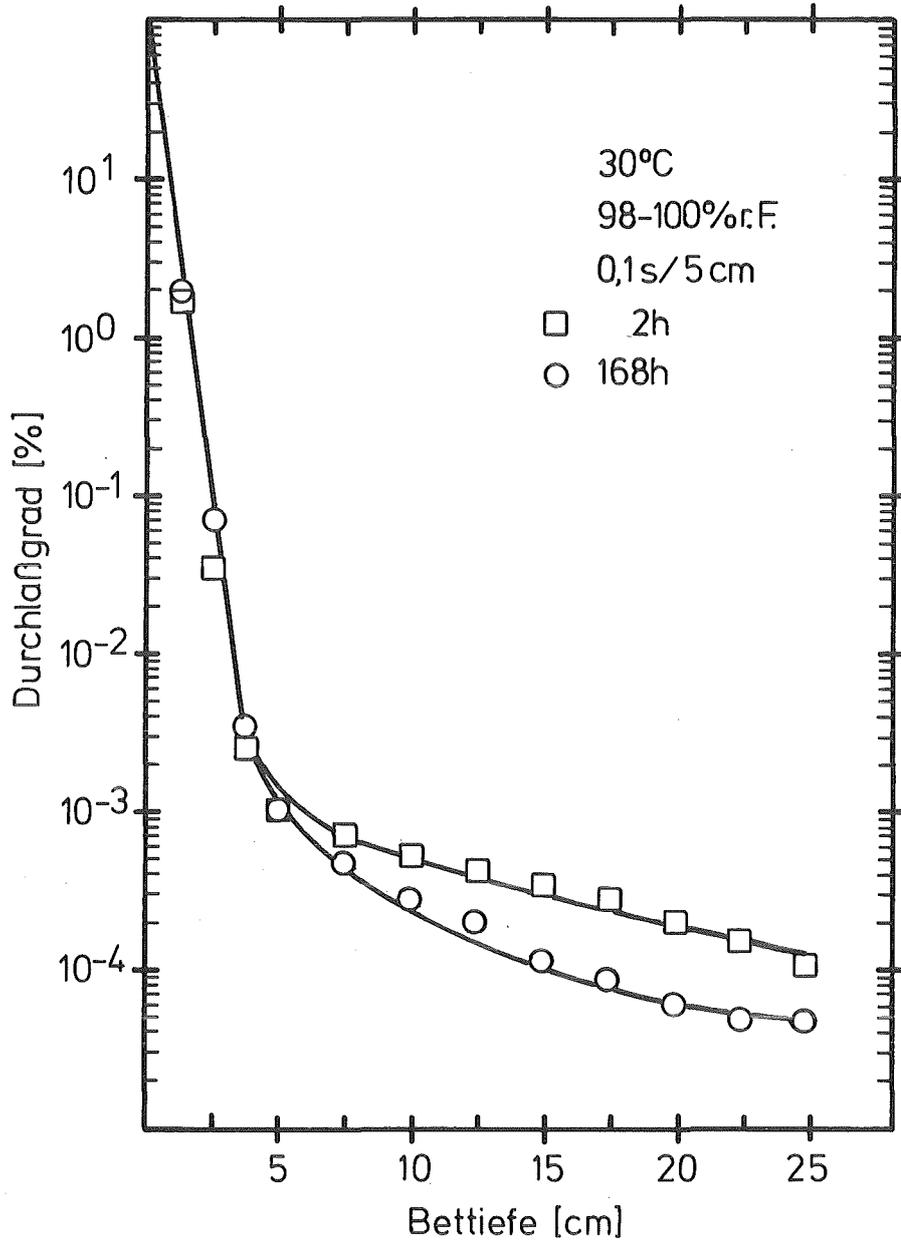
Abb. A-6



KfK LAF II D833

Durchlaßgrad von BJT 4712 für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

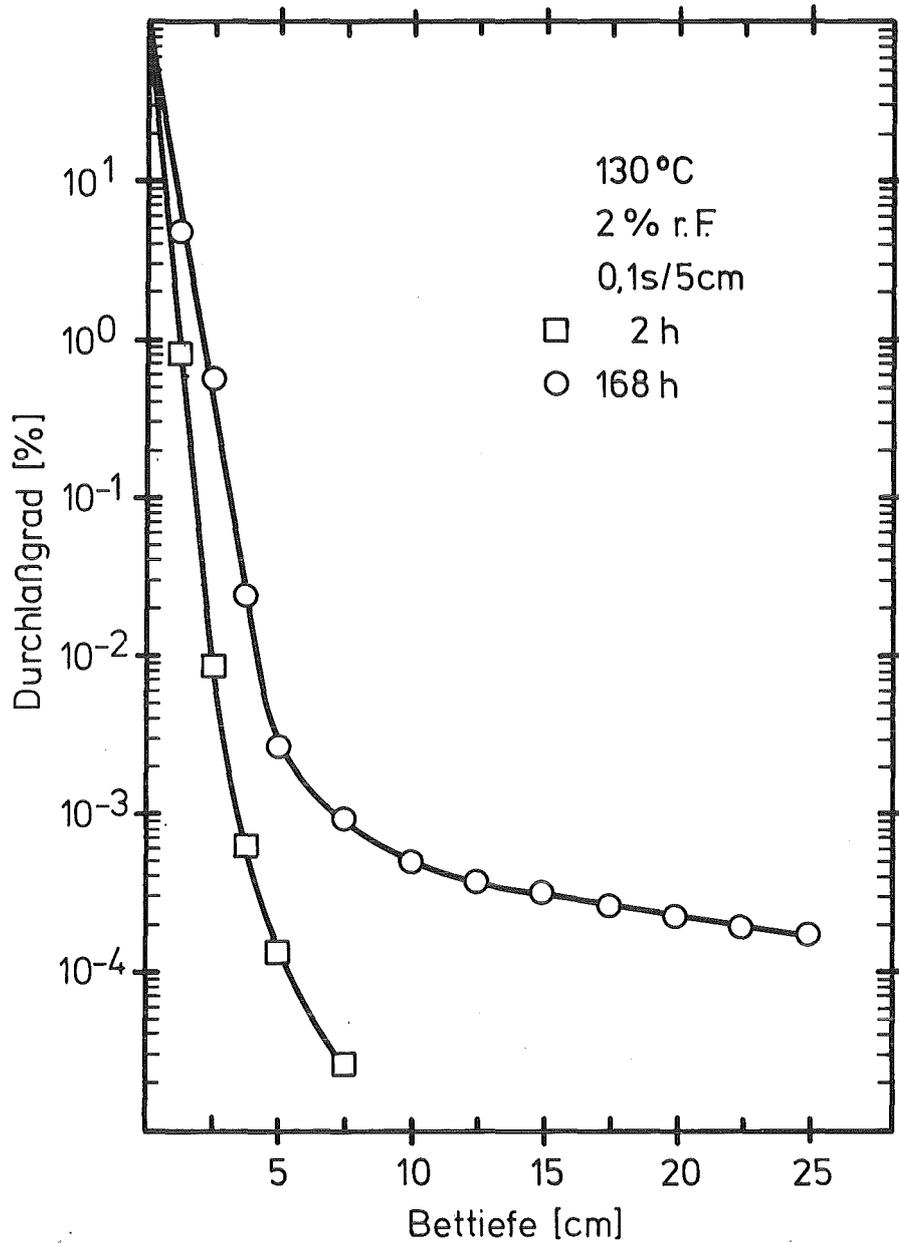
Abb. A-7



KfK LAF II D834

Durchlaßgrad von Radshield 26 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ ,  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

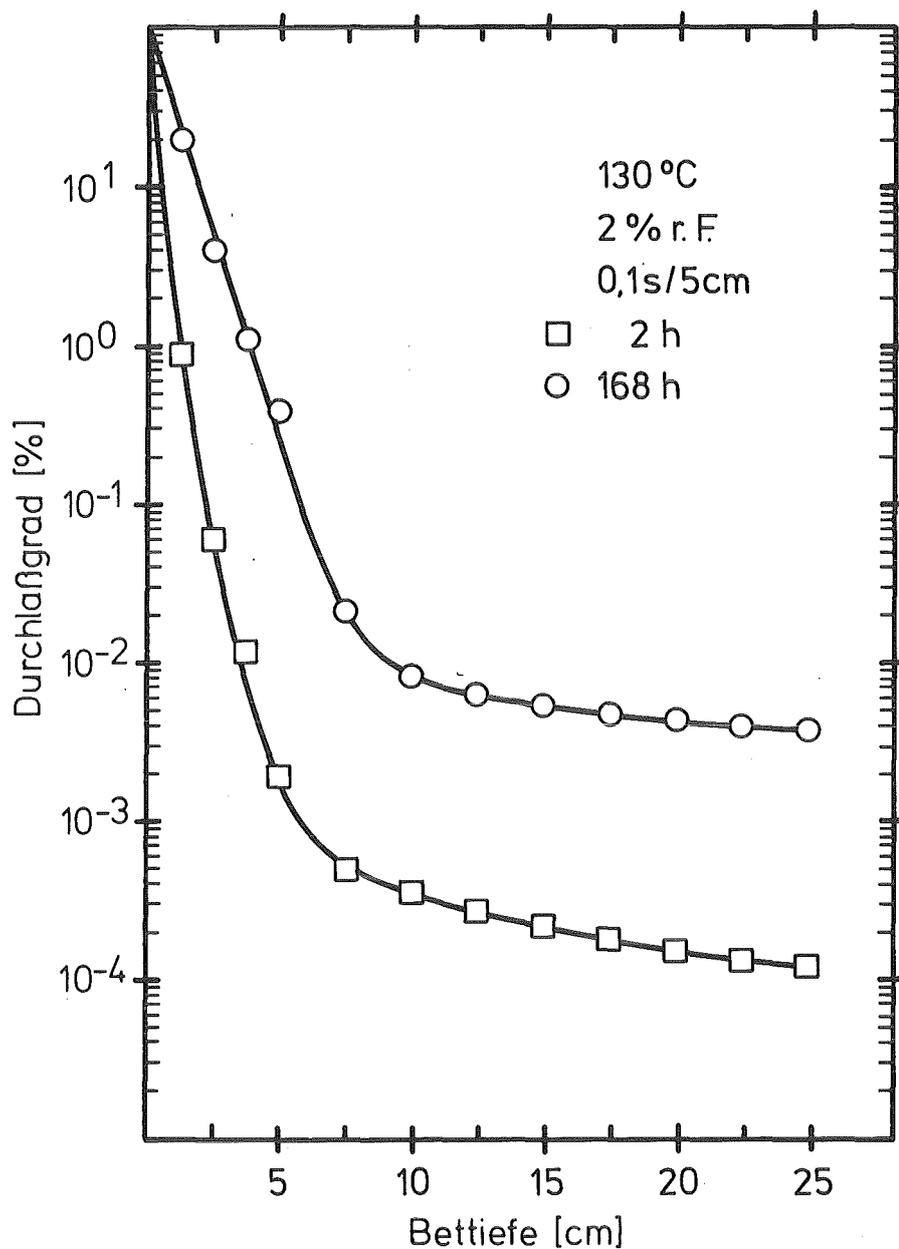
Abb. A-8



KIK LAF II D8228

Durchlaßgrad von 207B (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

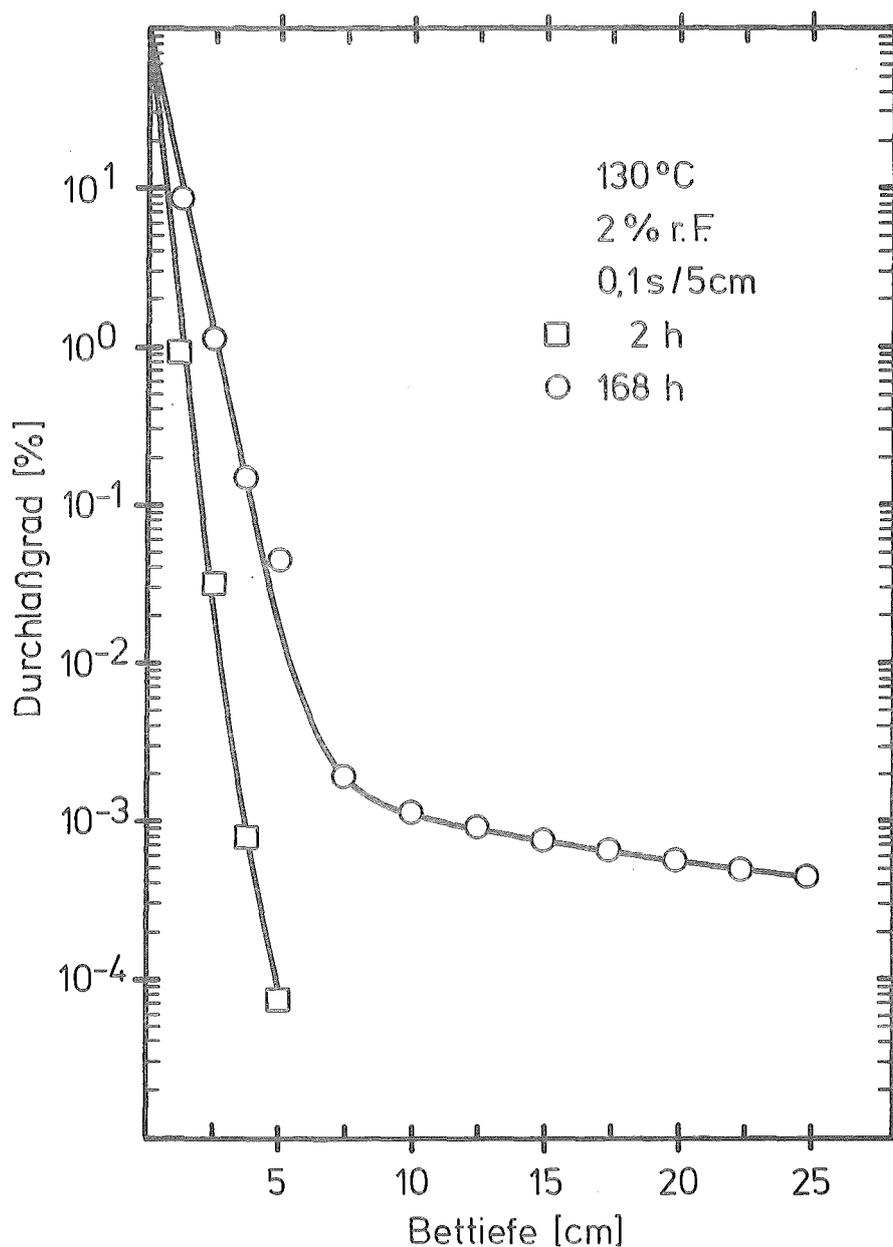
Abb. A-9



KfK LAF II D8230

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

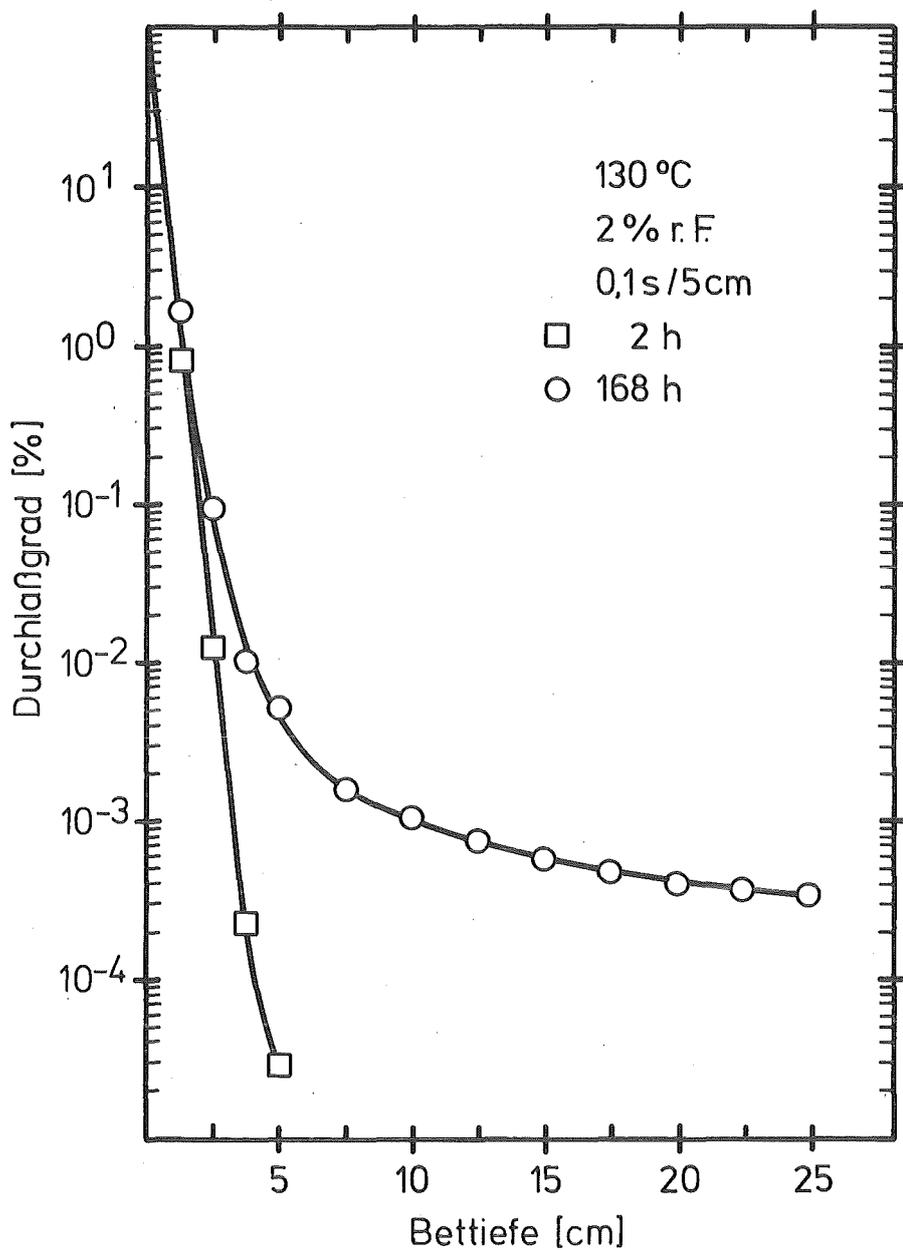
Abb. A-10



KIK LAF II D8232

Durchlaßgrad von Kiteg II für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

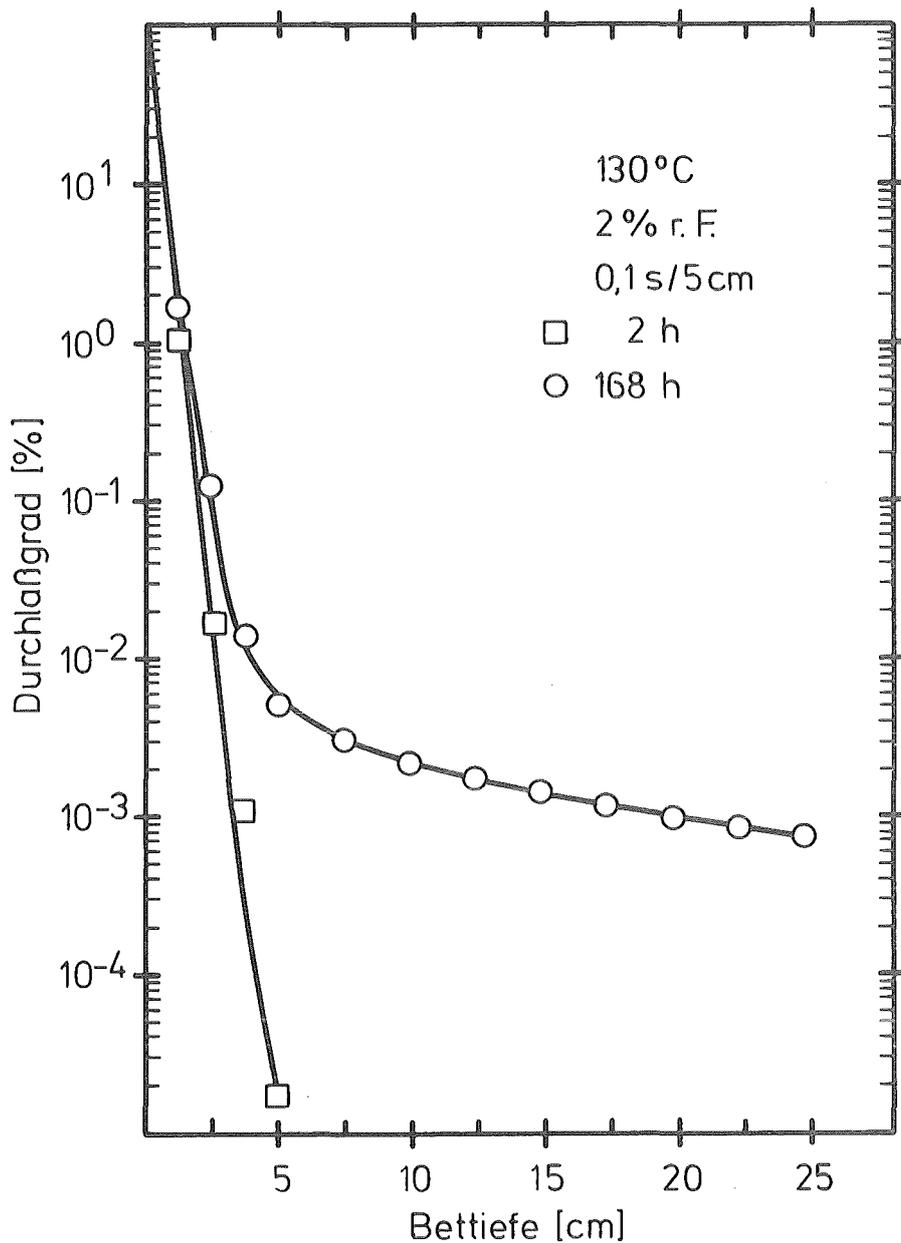
Abb. A-11



KfK LAF II D8234

Durchlaßgrad von Radshield 25 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Nachströmzeiten

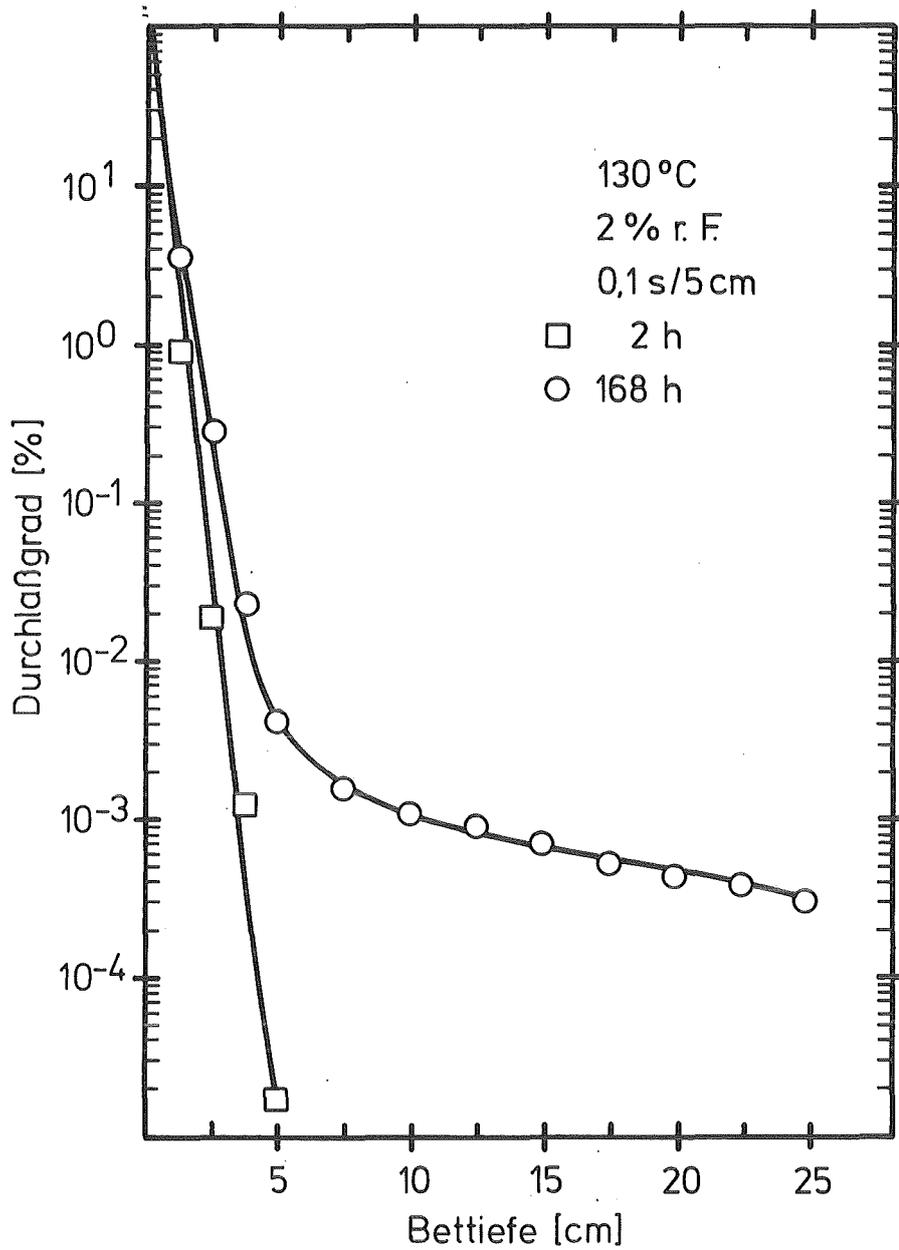
Abb. A-12



KfK LAF II D835

Durchlaßgrad von 208C (KI) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Nachströmzeiten

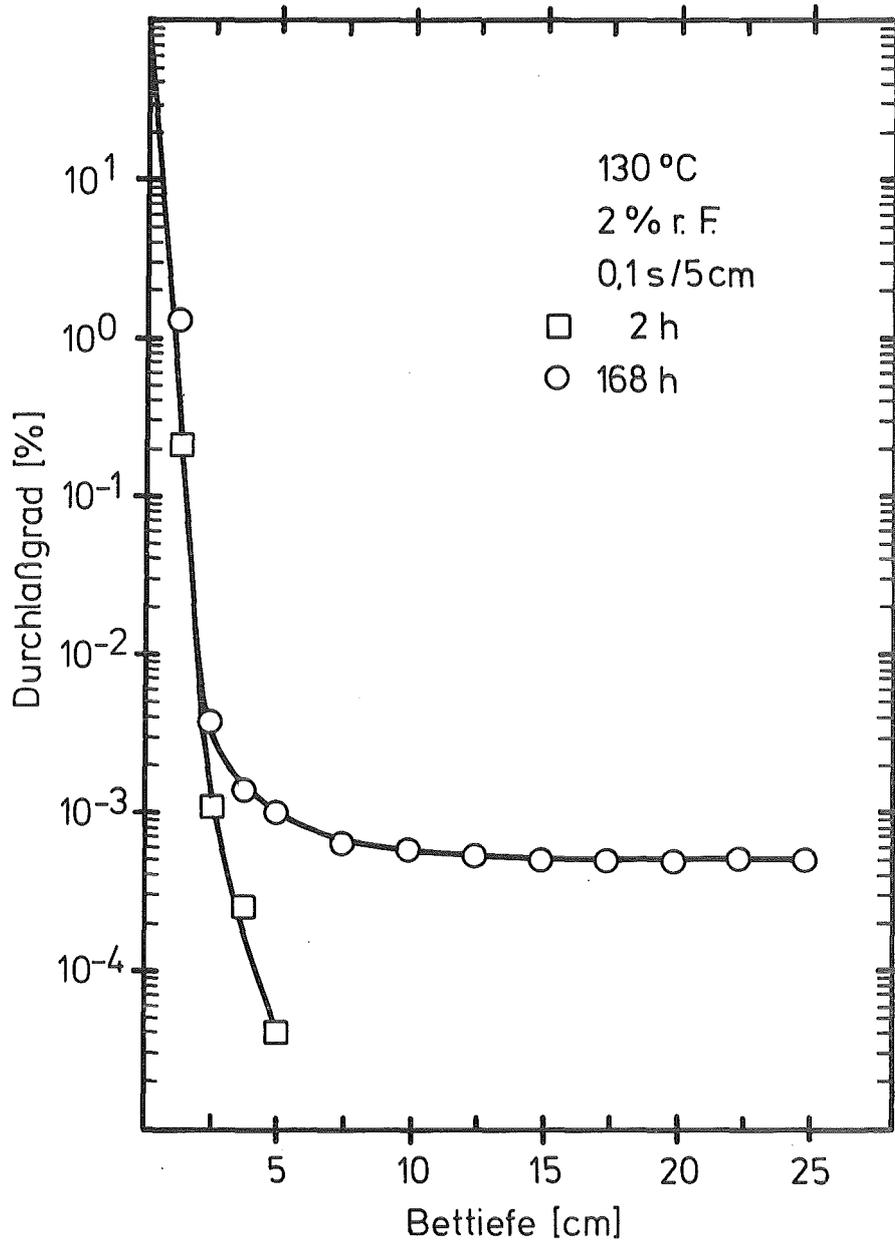
Abb. A-13



KfK LAF II D836

Durchlaßgrad von 208C (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

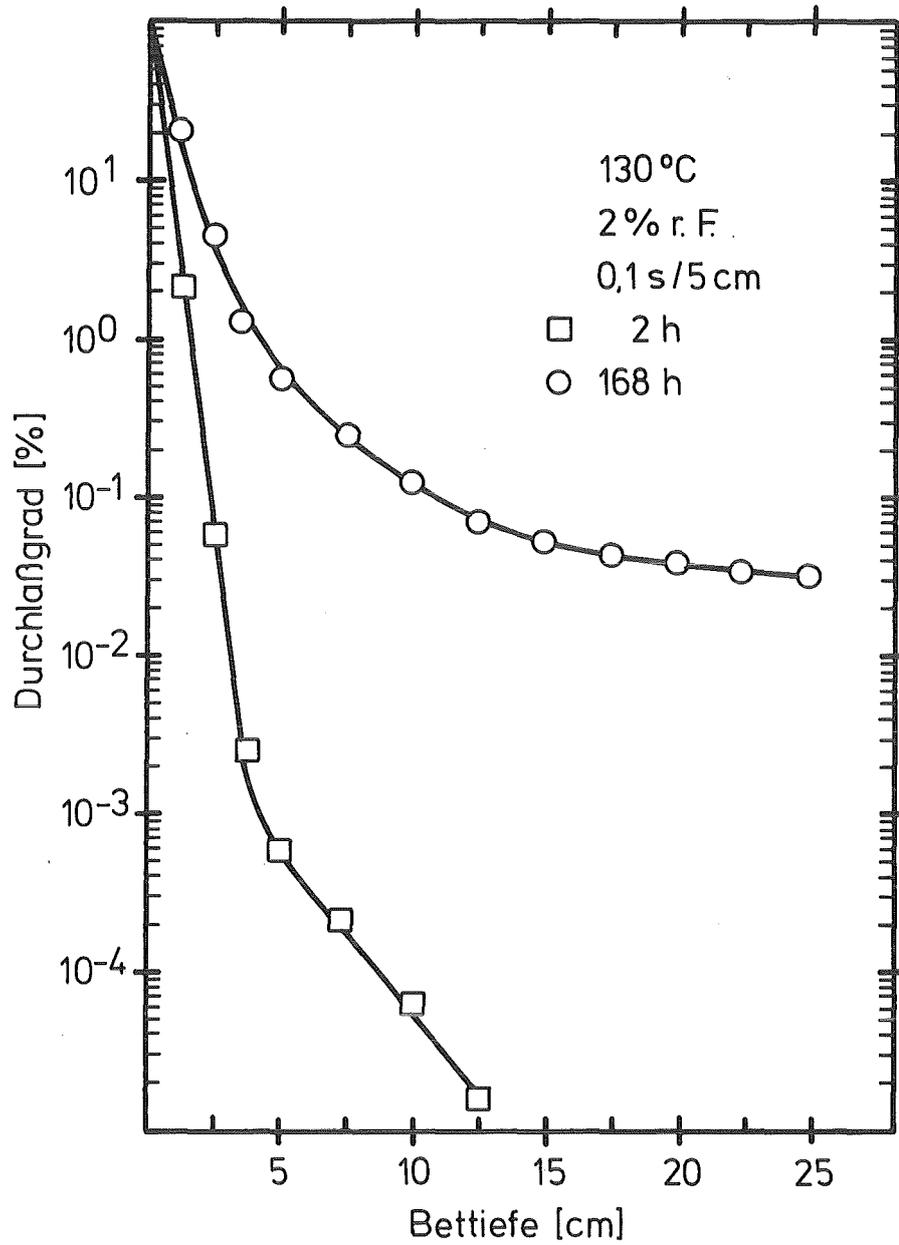
Abb. A-14



KIK LAF II D837

Durchlaßgrad von BJN 4712 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

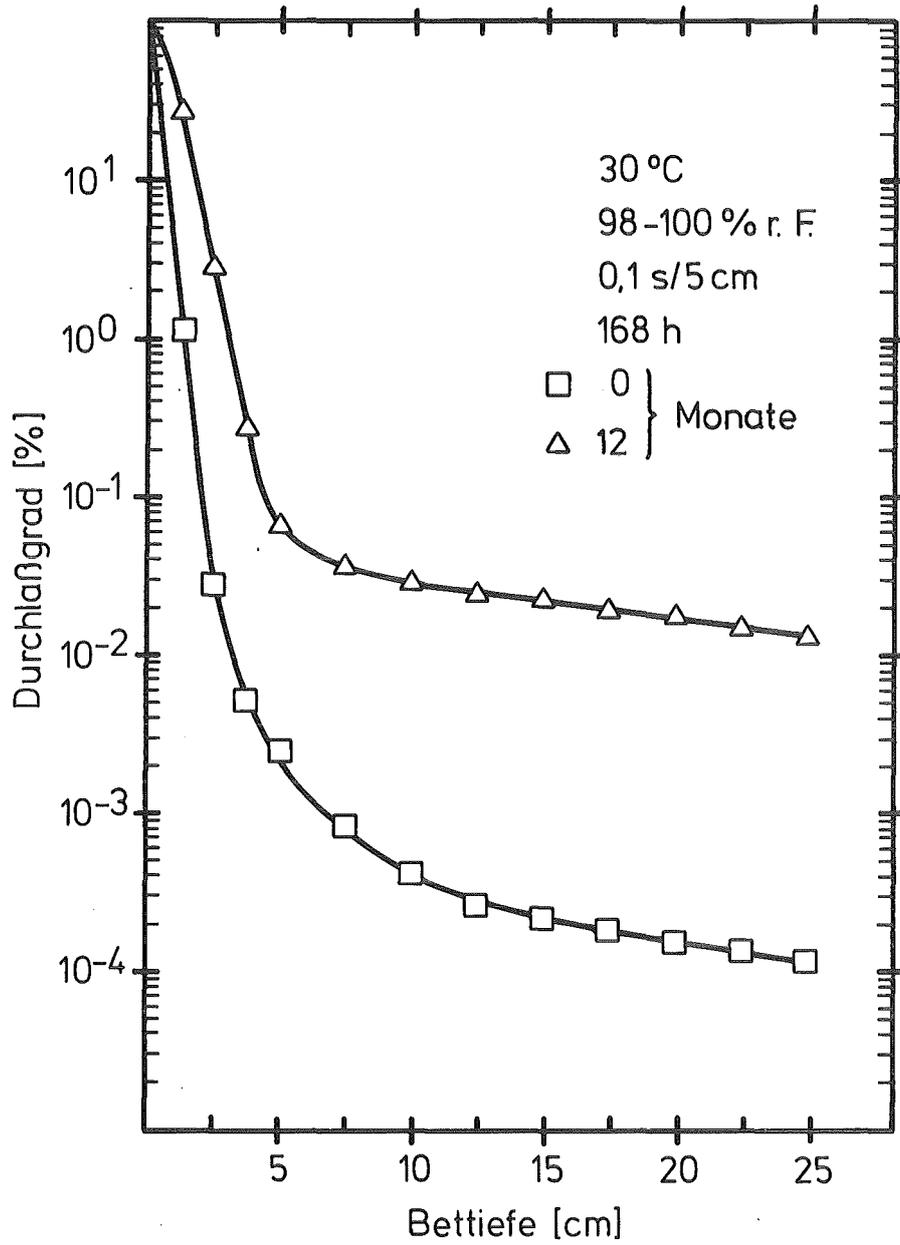
Abb. A-15



KfK LAF II D838

Durchlaßgrad von Radshield 26 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Nachströmzeiten

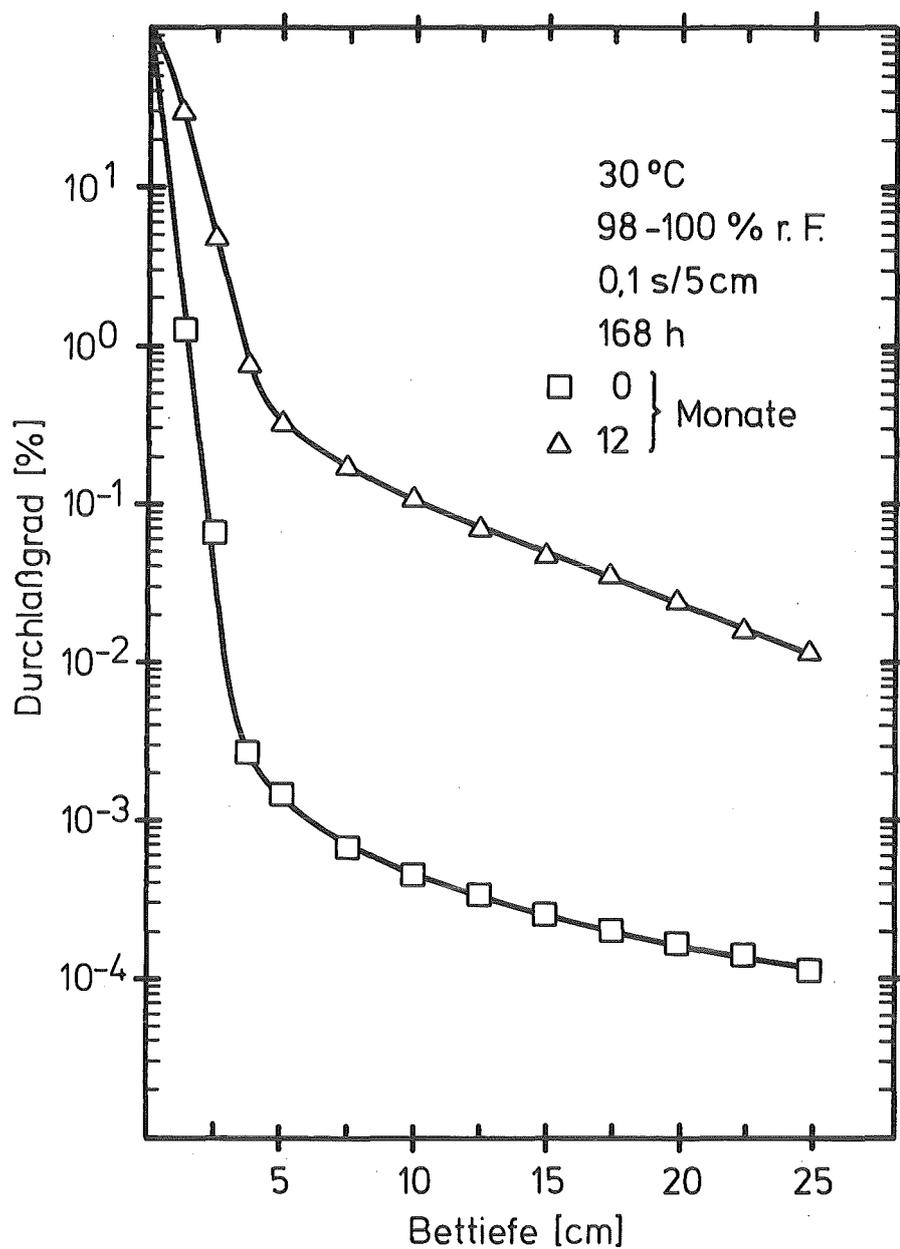
Abb. A-16



KfK LAF II D8313

Durchlaßgrad von 207B (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

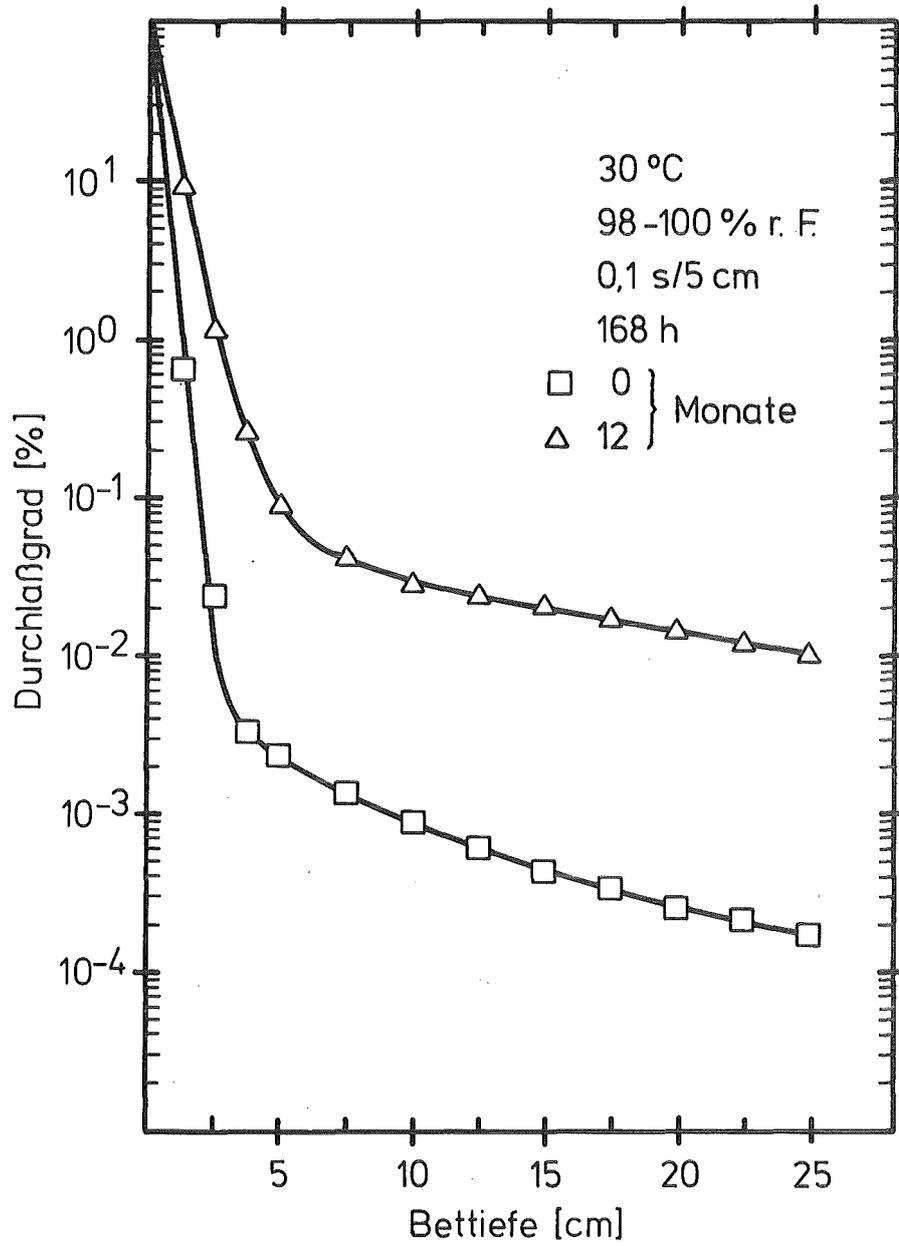
Abb. A-17



KIK LAF II D8314

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

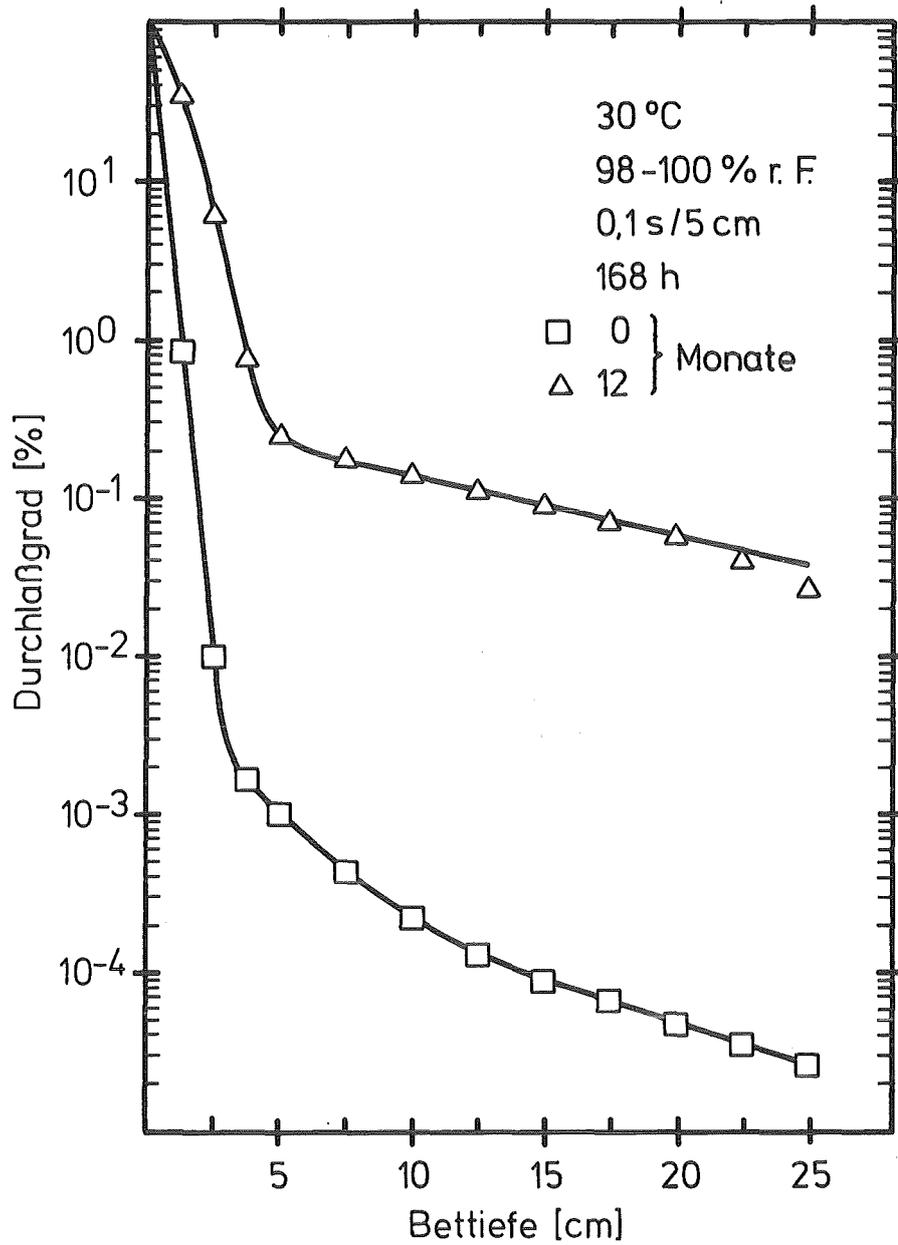
Abb. A-18



KfK LAF II D8315

Durchlaßgrad von Kiteg II für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

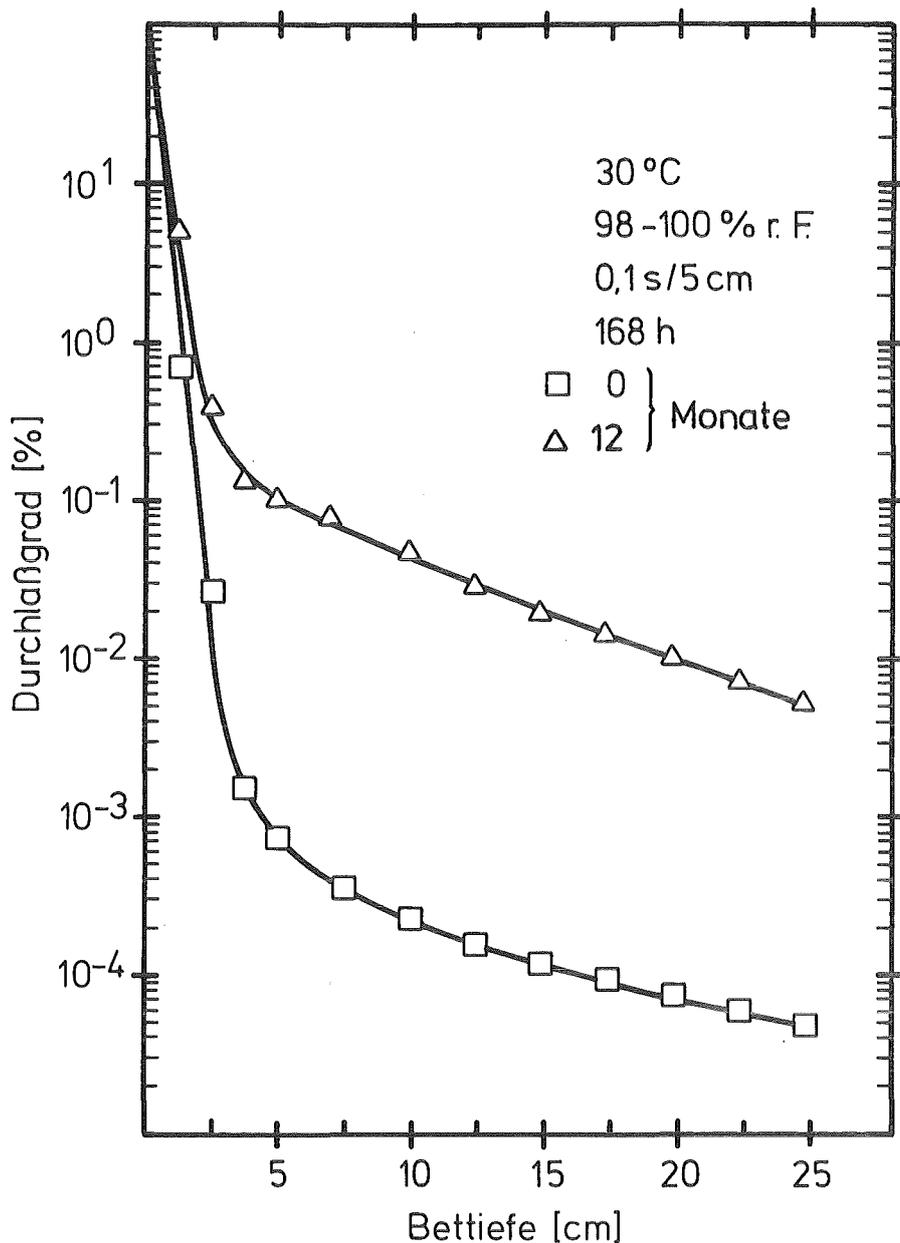
Abb. A-19



KIK LAF II 08316

Durchlaßgrad von Radshield 25 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

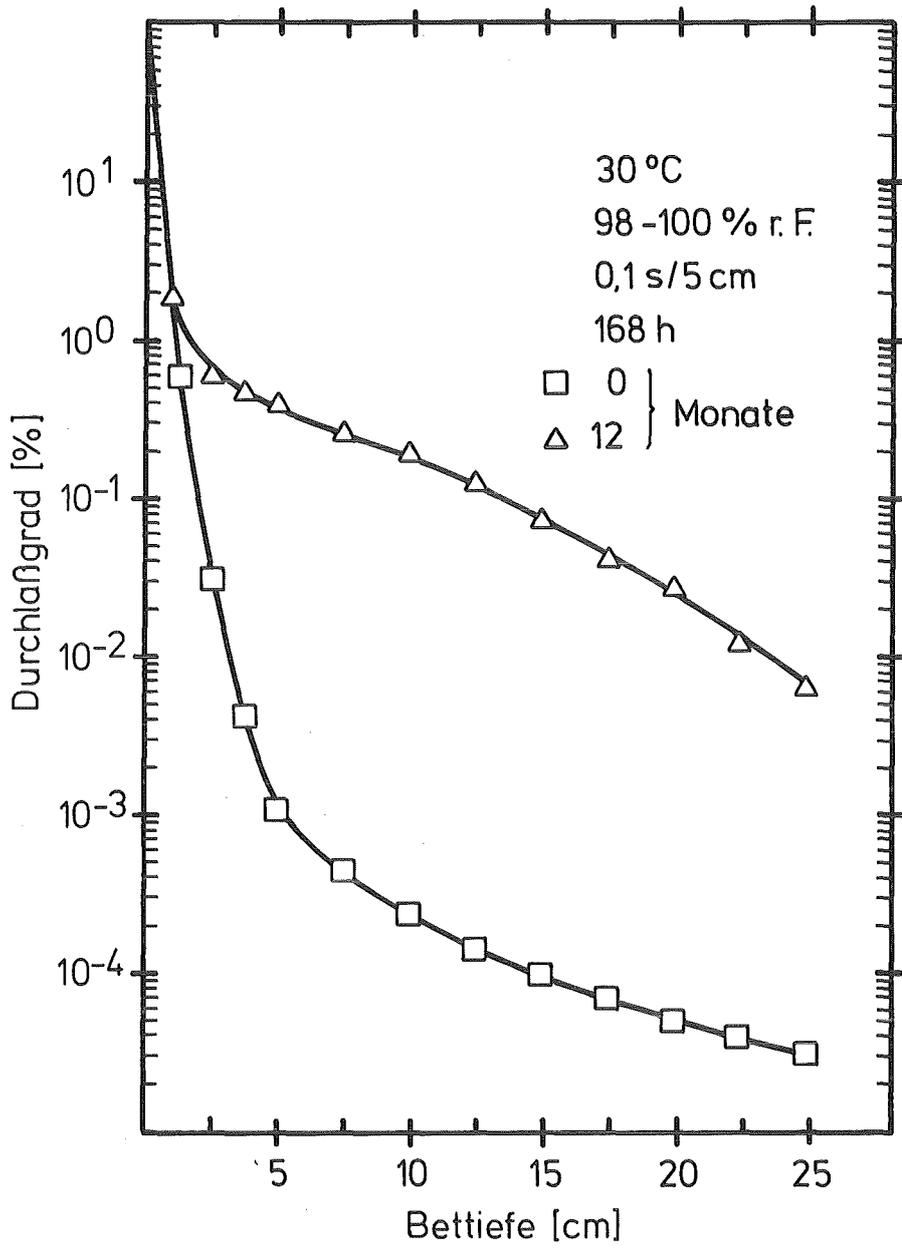
Abb. A-20



KIK LAF II D8317

Durchlaßgrad von 208C (KI) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Alterungszeiten

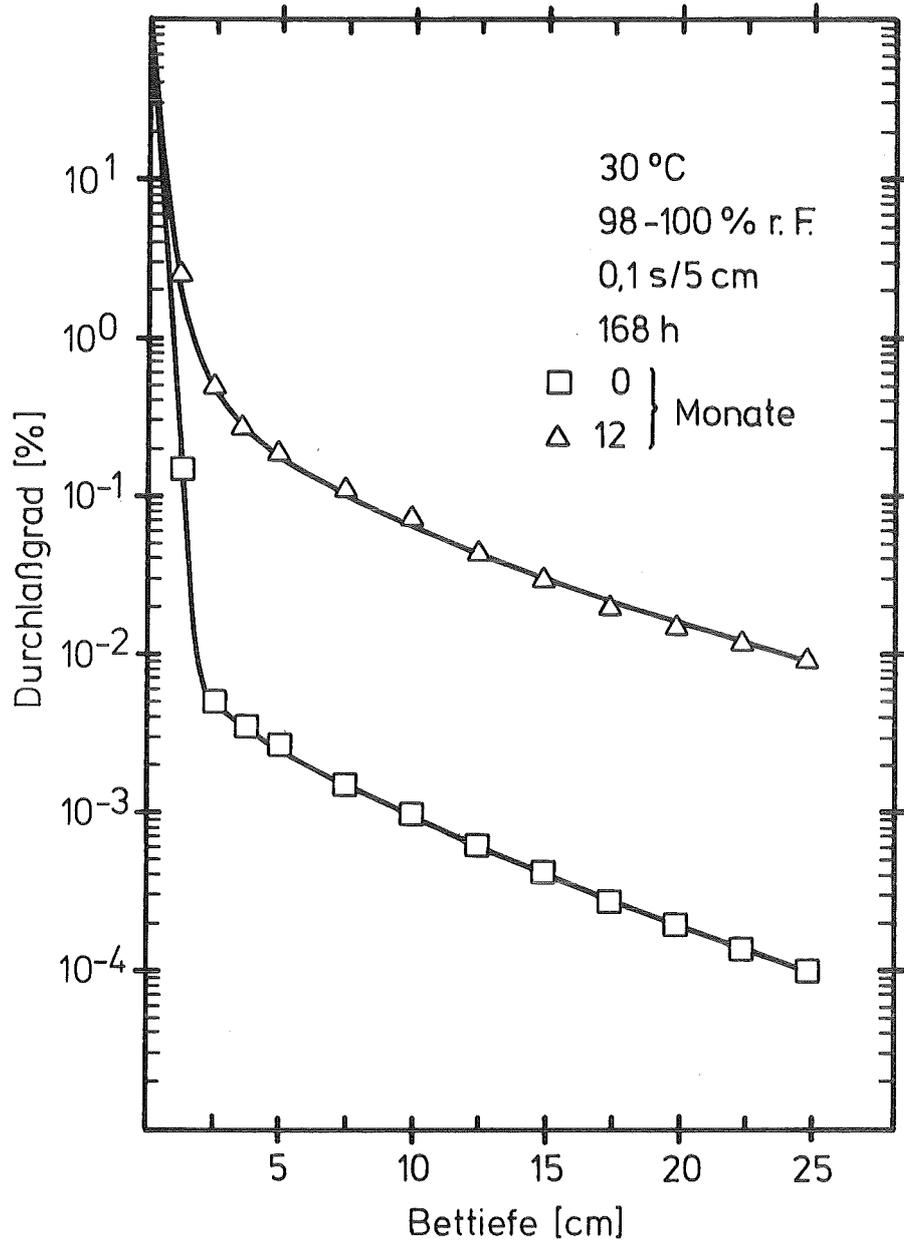
Abb. A-21



KfK LAF II D8318

Durchlaßgrad von 208C (TEDA) für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub> bei verschiedenen Alterungszeiten

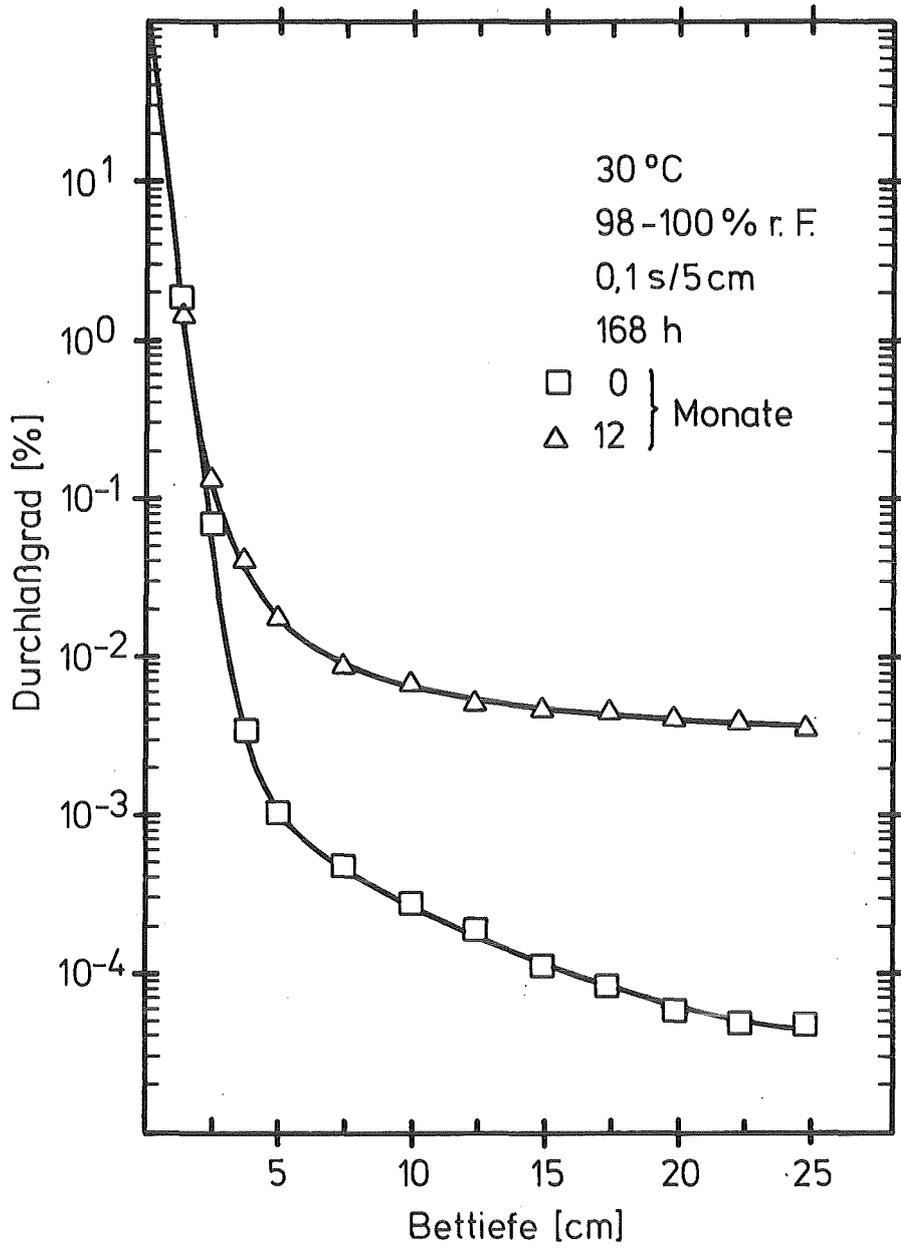
Abb. A-22



KIK LAF II D8319

Durchlaßgrad von BJT 4712 für <sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>  
bei verschiedenen Alterungszeiten

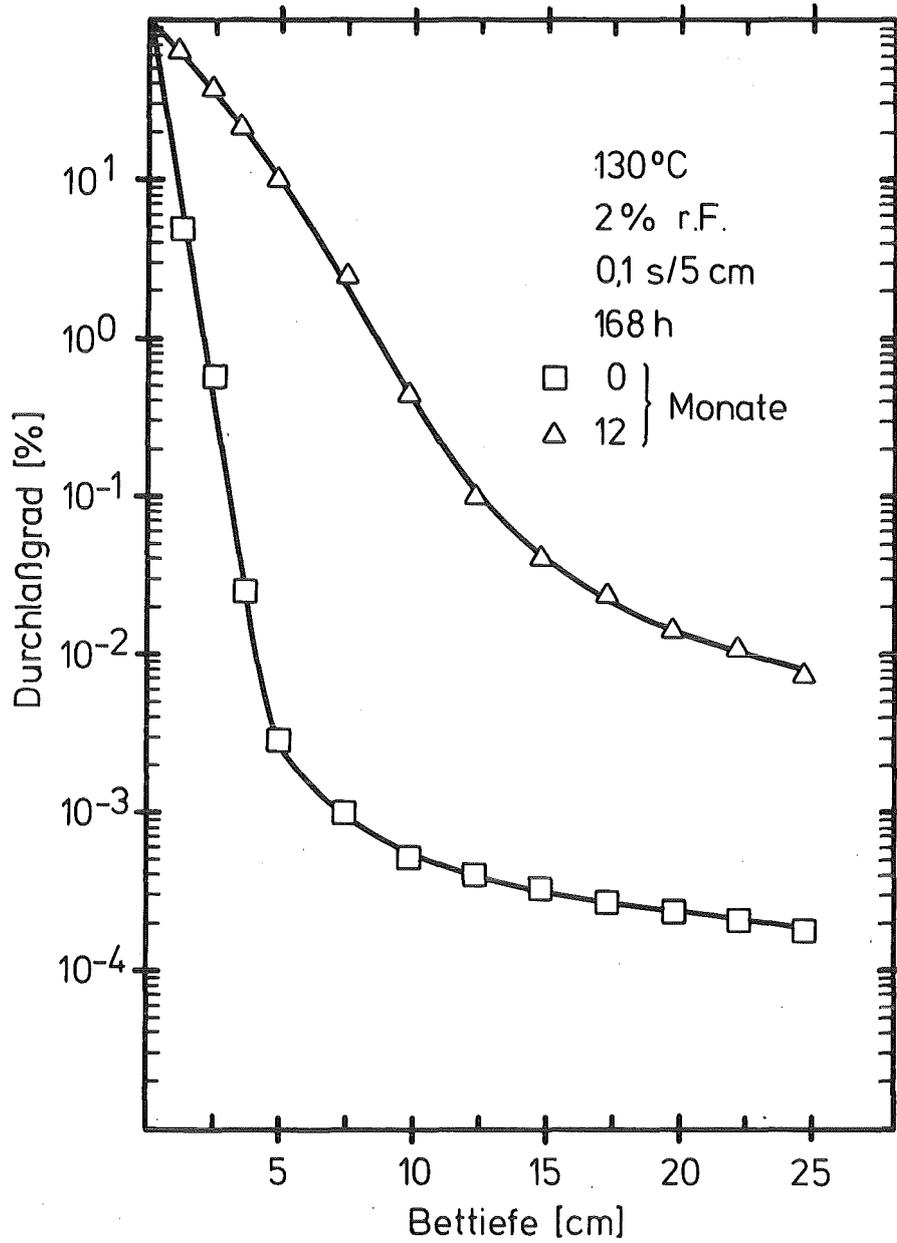
Abb. A-23



KfK LAF II D8320

Durchlaßgrad von Radshield 26 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

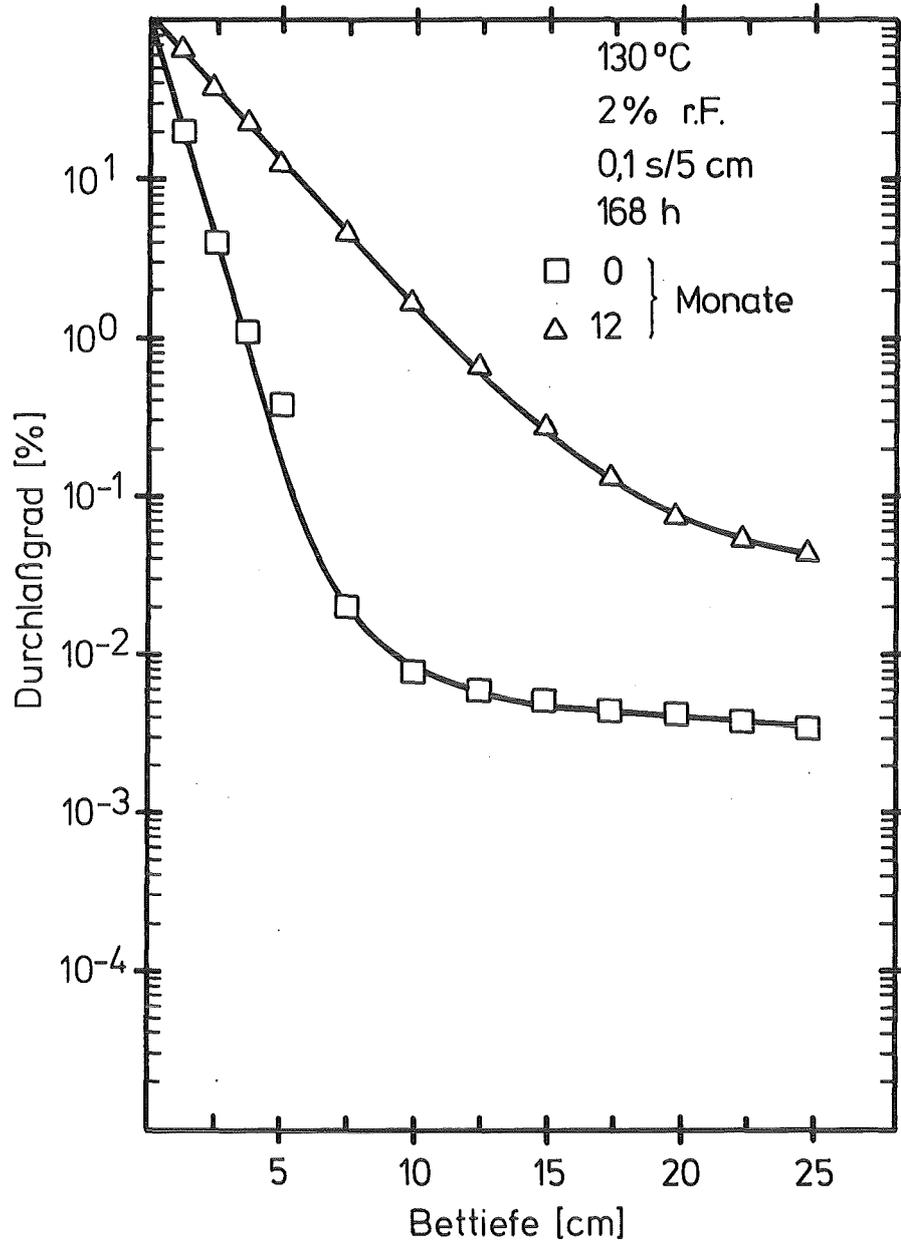
Abb. A-24



KIK LAF II D8321

Durchlaßgrad von 207B (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Alterungszeiten

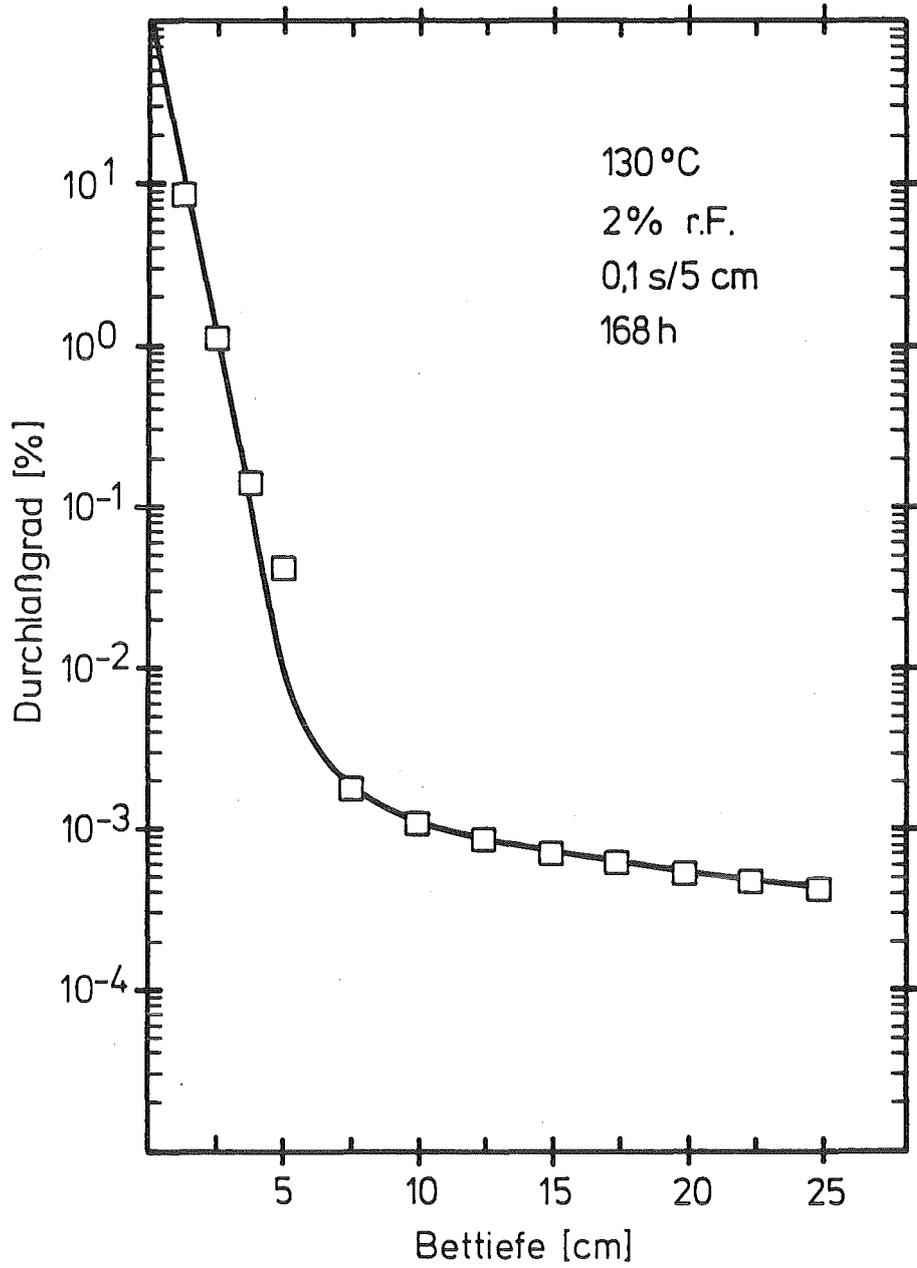
Abb. A-25



KfK LAF II D8322

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

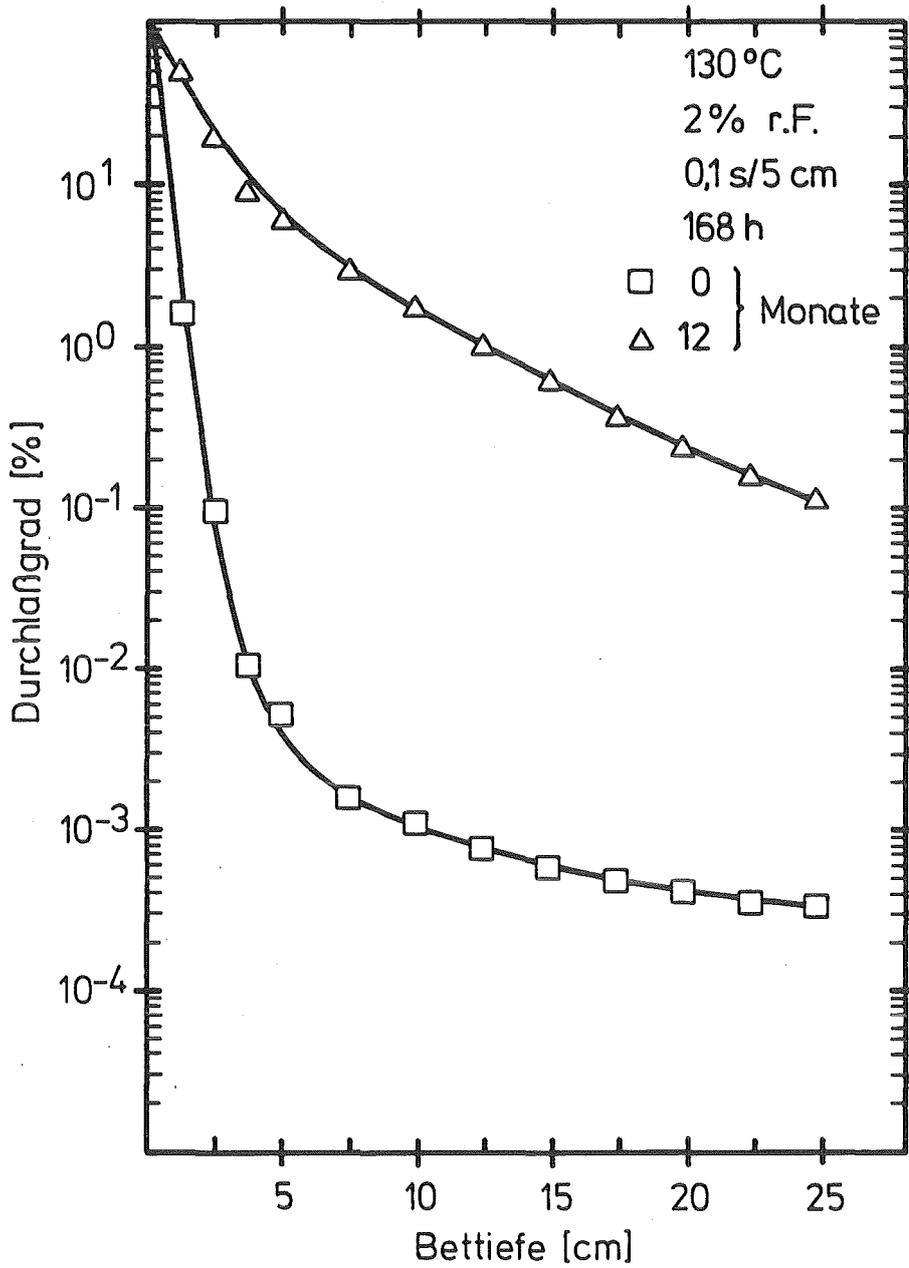
Abb. A-26



KfK LAF II D8323

Durchlaßgrad von Kiteg II. für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
(keine Alterung)

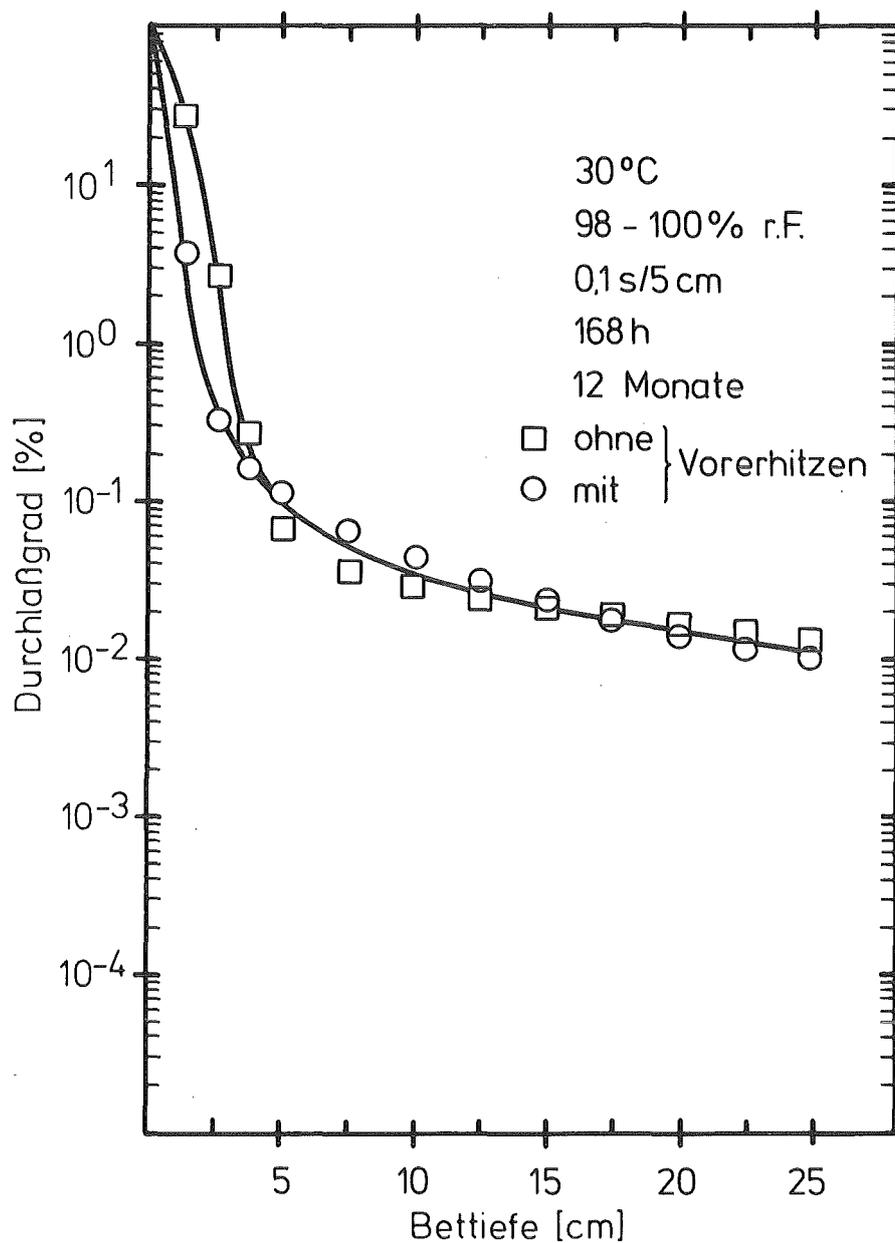
Abb. A-27



KIK LAF II D8324

Durchlaßgrad von Radshield 25 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$  bei verschiedenen Alterungszeiten

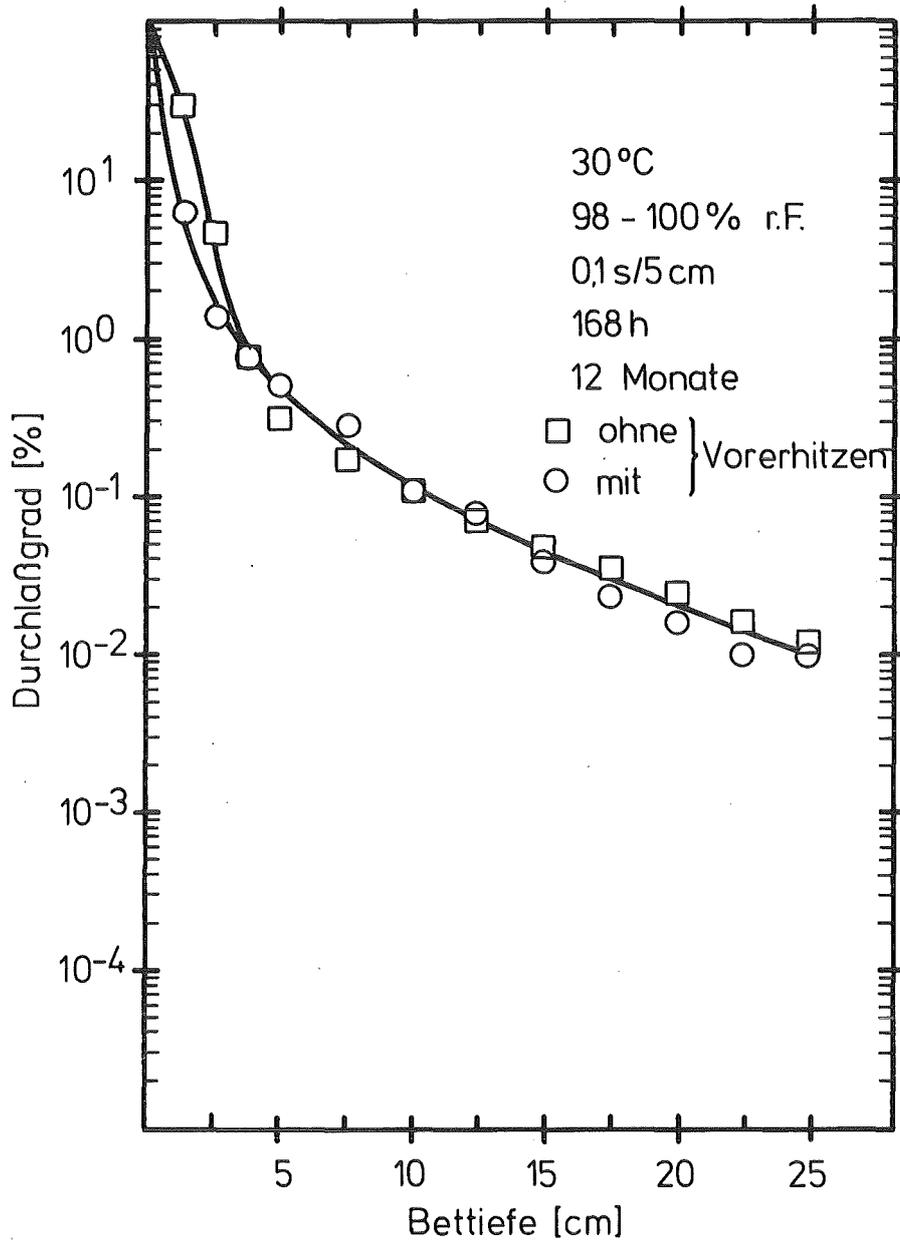
Abb. A-28



KIK LAF II D8329

Durchlaßgrad von 207B (KI) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
ohne und mit Vorerhitzen (4h, 180°C)

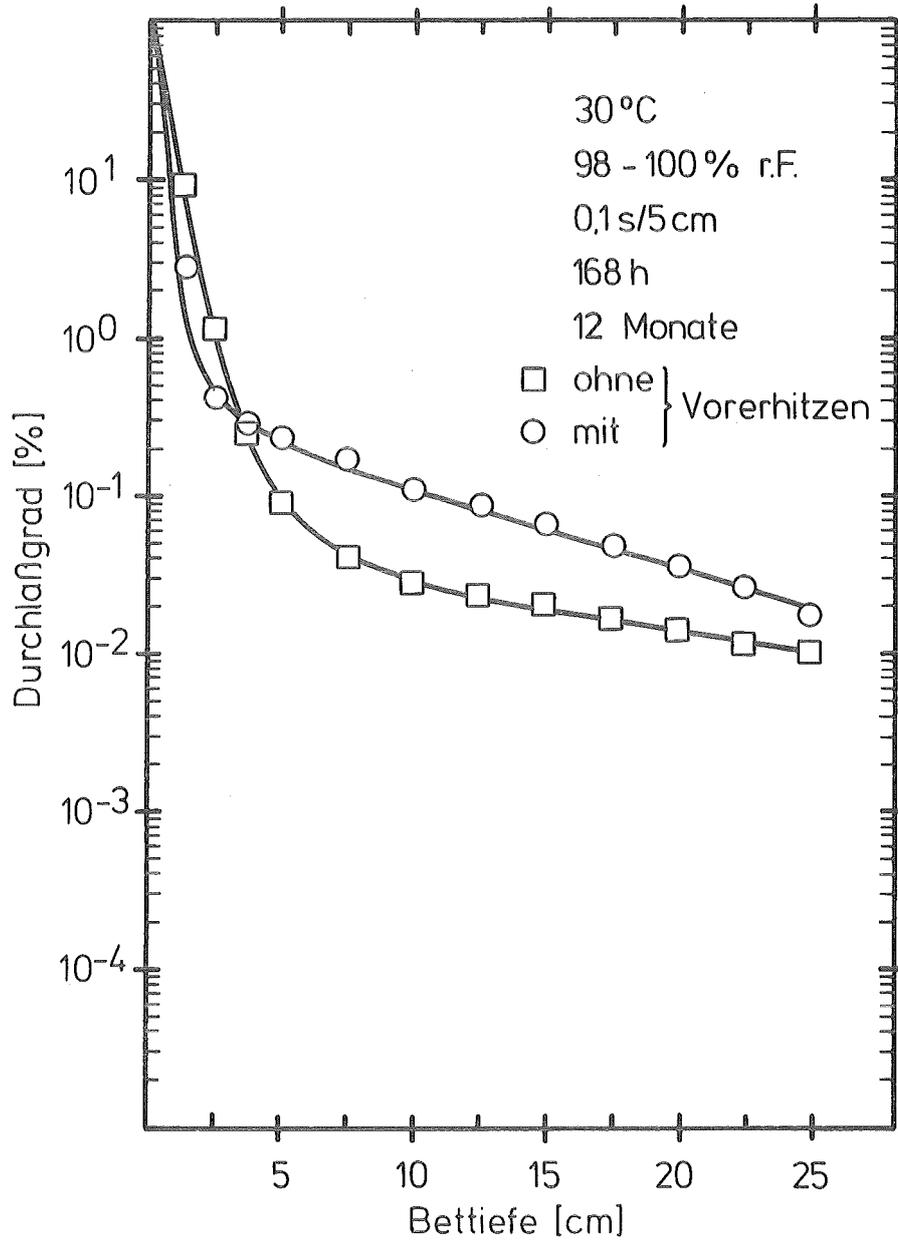
Abb. A-29



KfK LAF II D8330

Durchlaßgrad von 207B (TEDA) für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
ohne und mit Vorerhitzen (4h, 180°C)

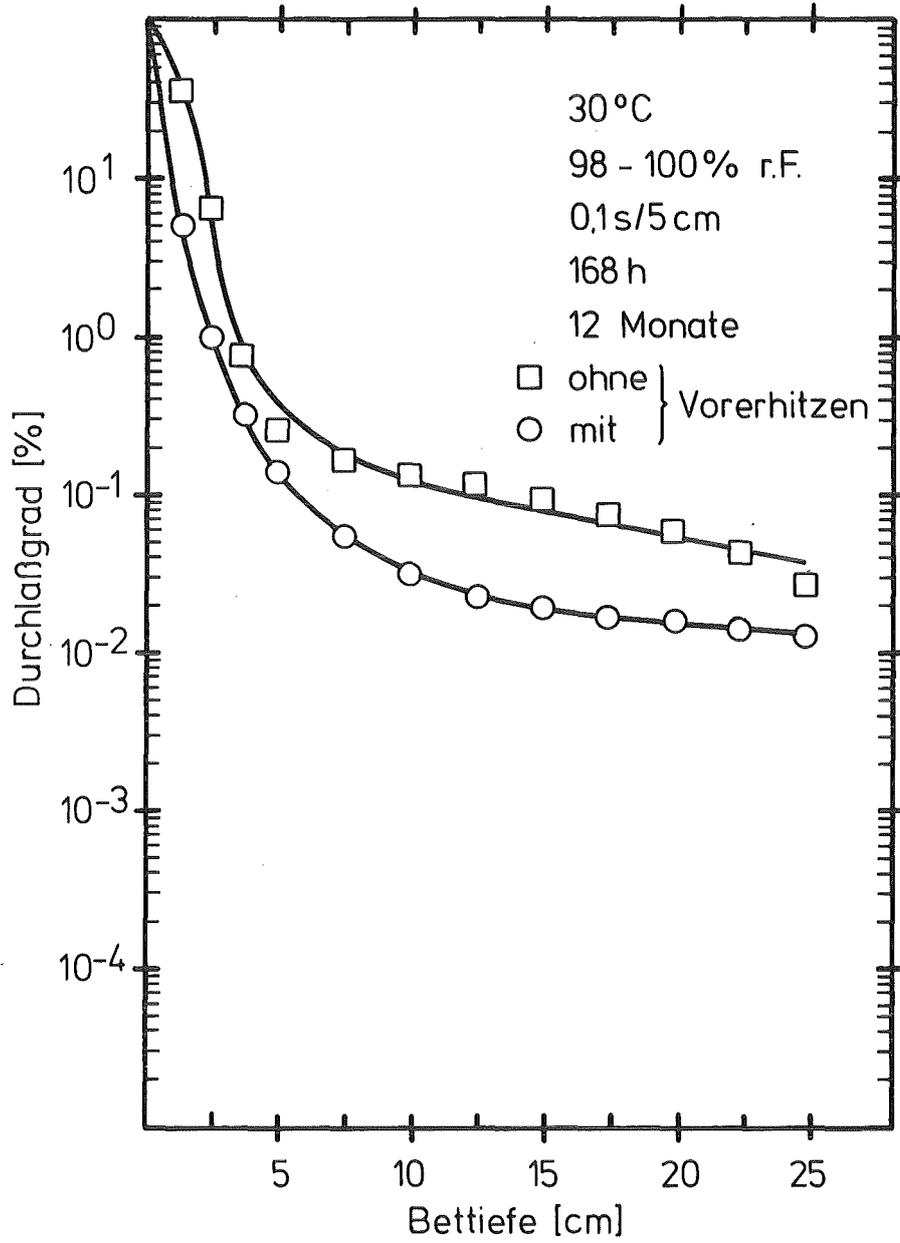
Abb. A-30



KIK LAF II D8331

Durchlaßgrad von Kiteg II für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
ohne und mit Vorerhitzen (4h, 180°C)

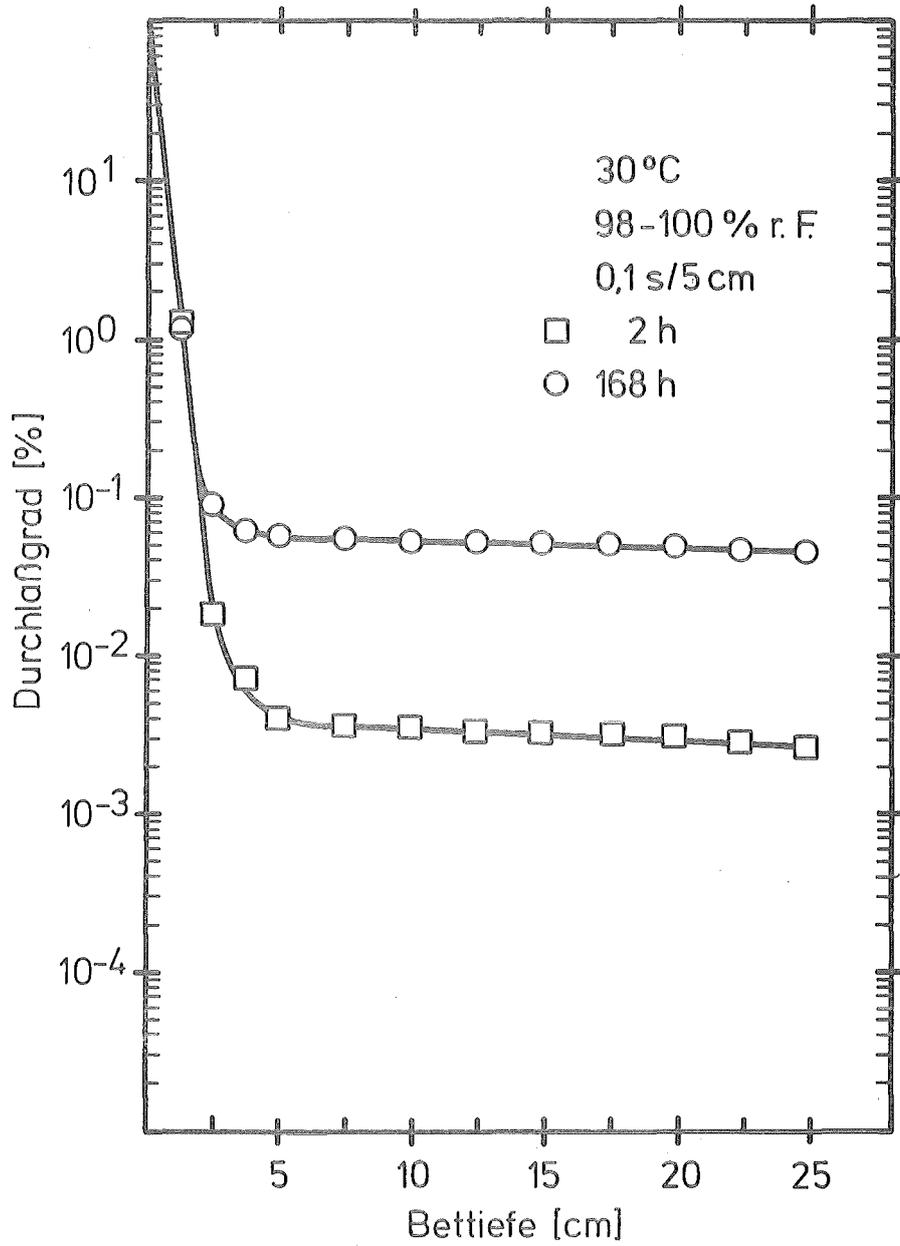
Abb. A-31



KIK LAF II D8332

Durchlaßgrad von Radshield 25 für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
ohne und mit Vorerhitzen (4h, 180°C)

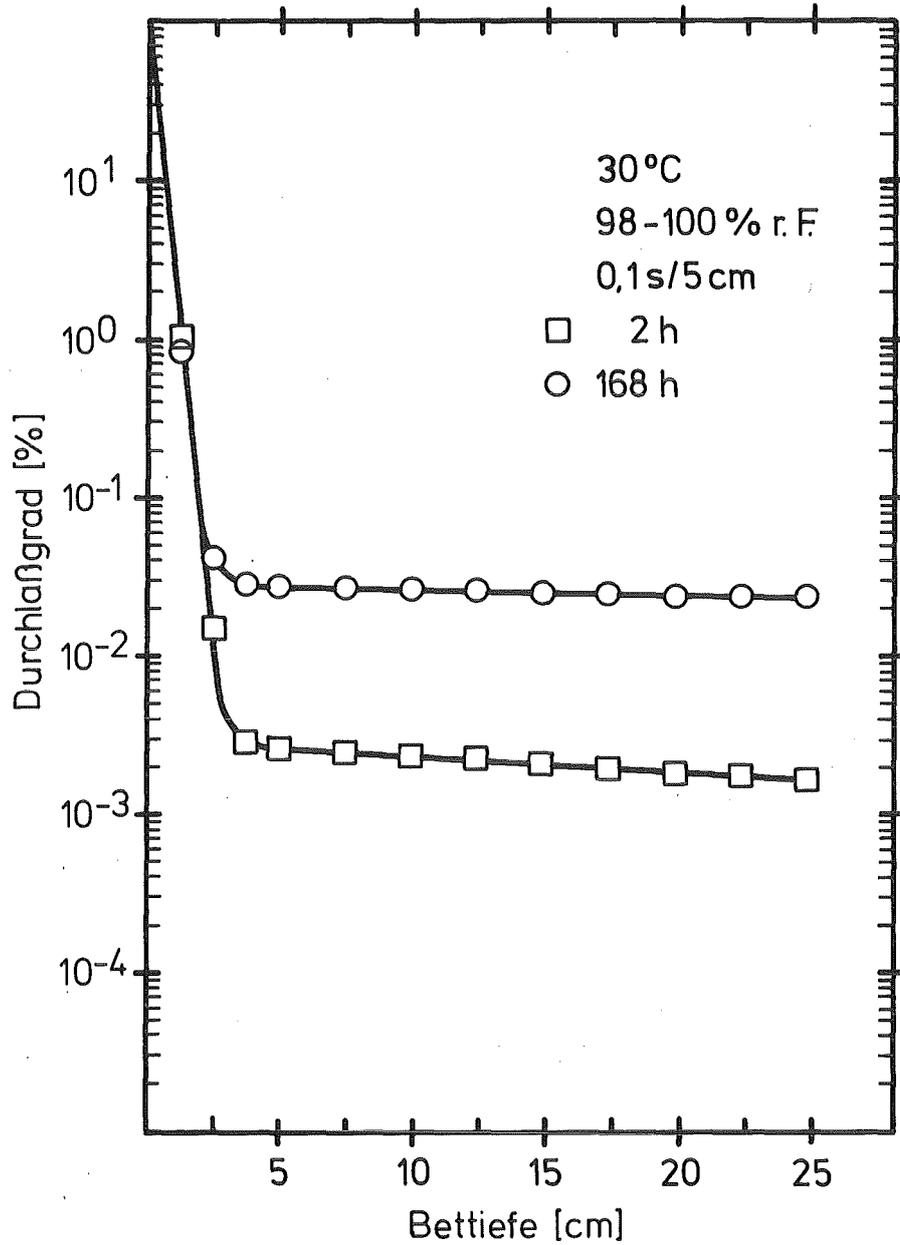
Abb. A-32



KJK LAF II D8345

Durchlaßgrad von 207B für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

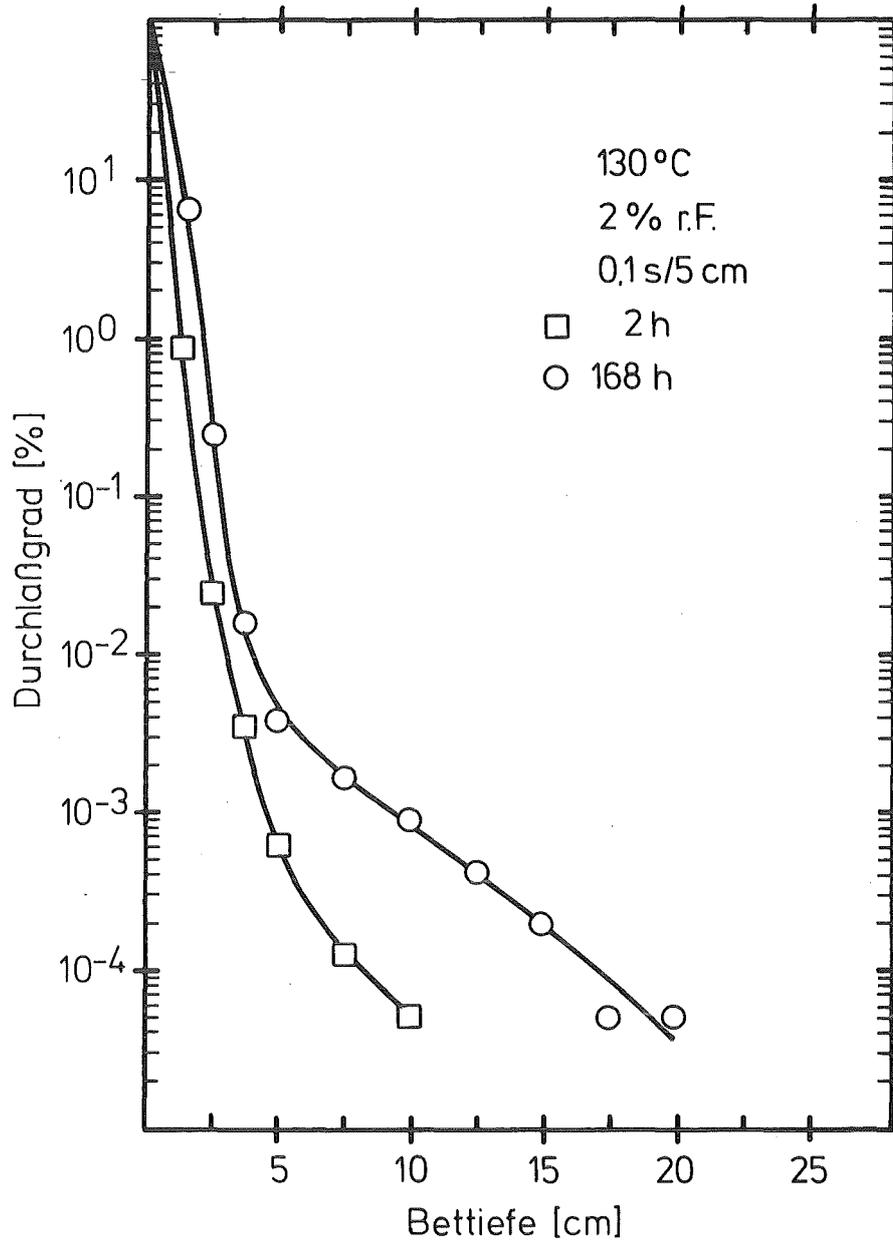
Abb. A-33



KfK LAF II D8346

Durchlaßgrad von 208C für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

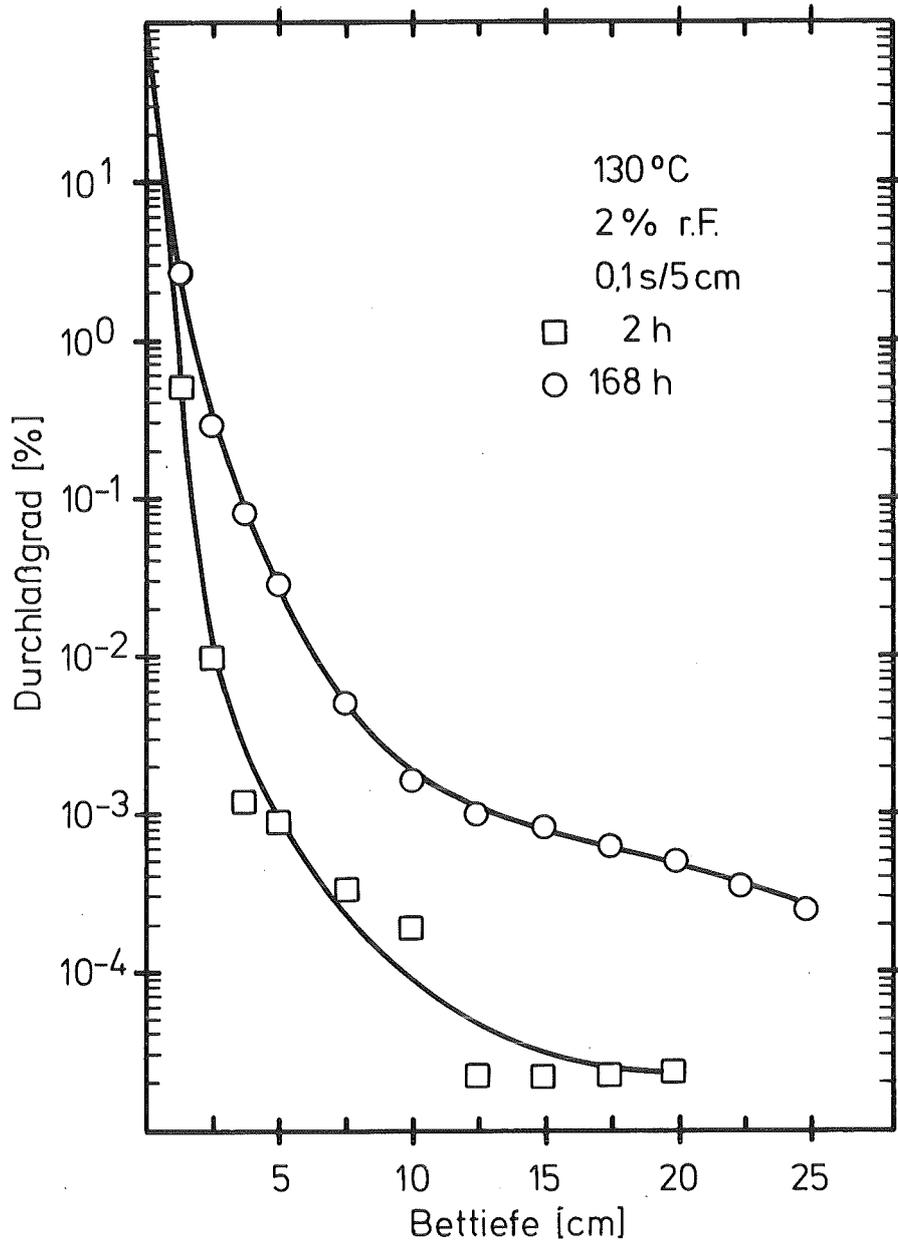
Abb. A-34



KIK LAF II D8347

Durchlaßgrad von 207B für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. A-35



KfK LAF II D8348

Durchlaßgrad von 208C für  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$   
bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. A-36

Anhang B

Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

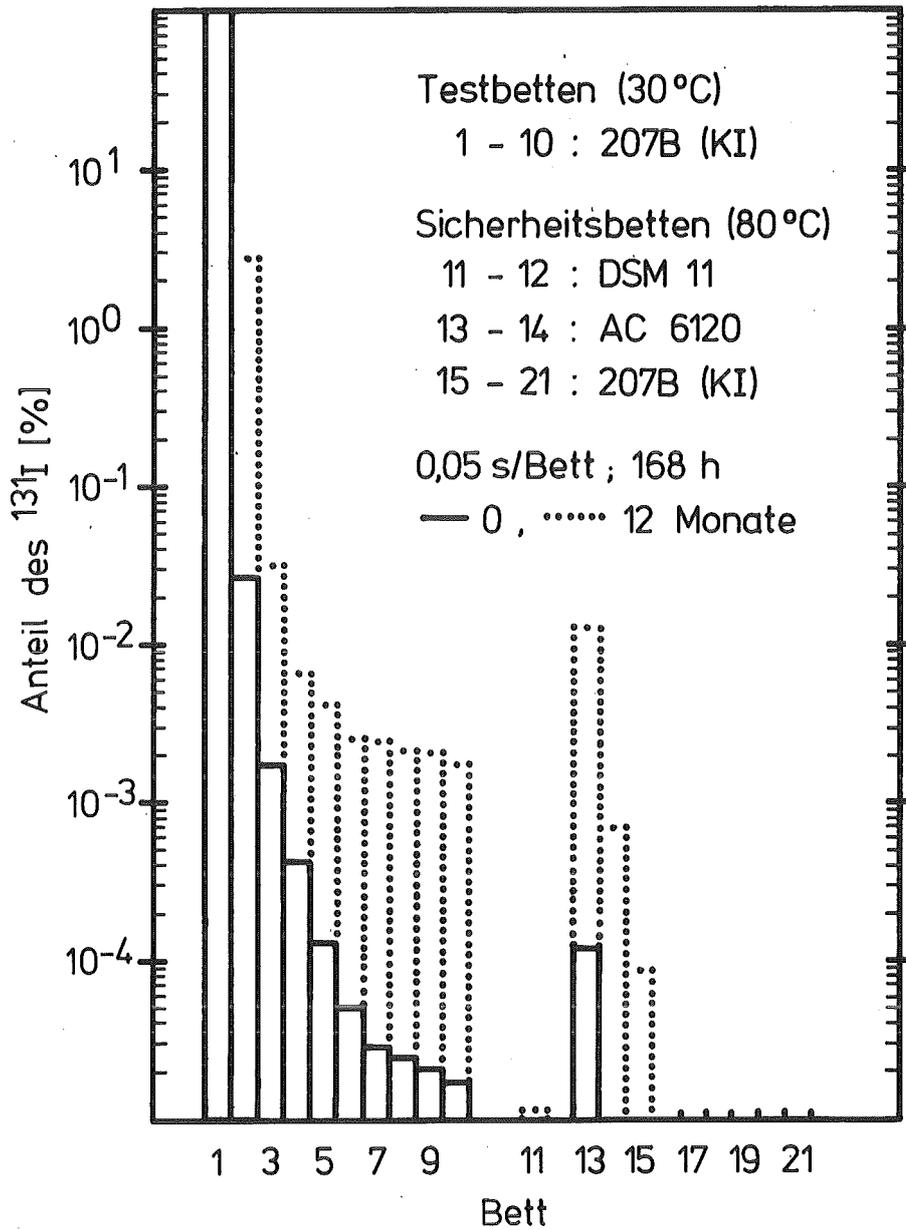
Sicherheitsbetten:

DSM11 : Abscheidung von  $\text{I}_2$

AC6120 : Abscheidung von leicht abscheidbaren organischen Iodverbindungen (z. B.  $\text{CH}_3\text{I}$ )

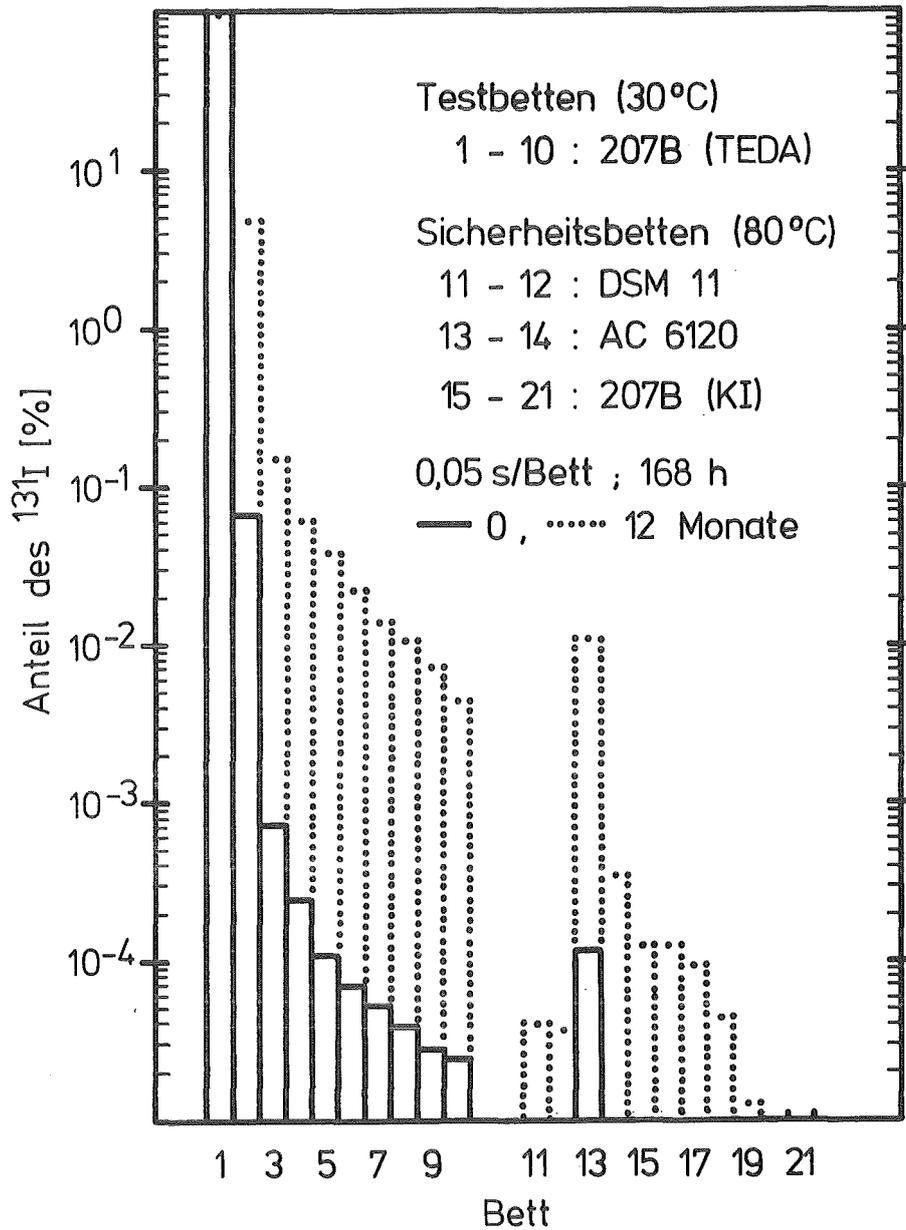
207B (KI): Abscheidung von schwerer abscheidbaren Iodverbindungen

(Aus der Verteilung folgender Durchlaßgrad: Anhang A)



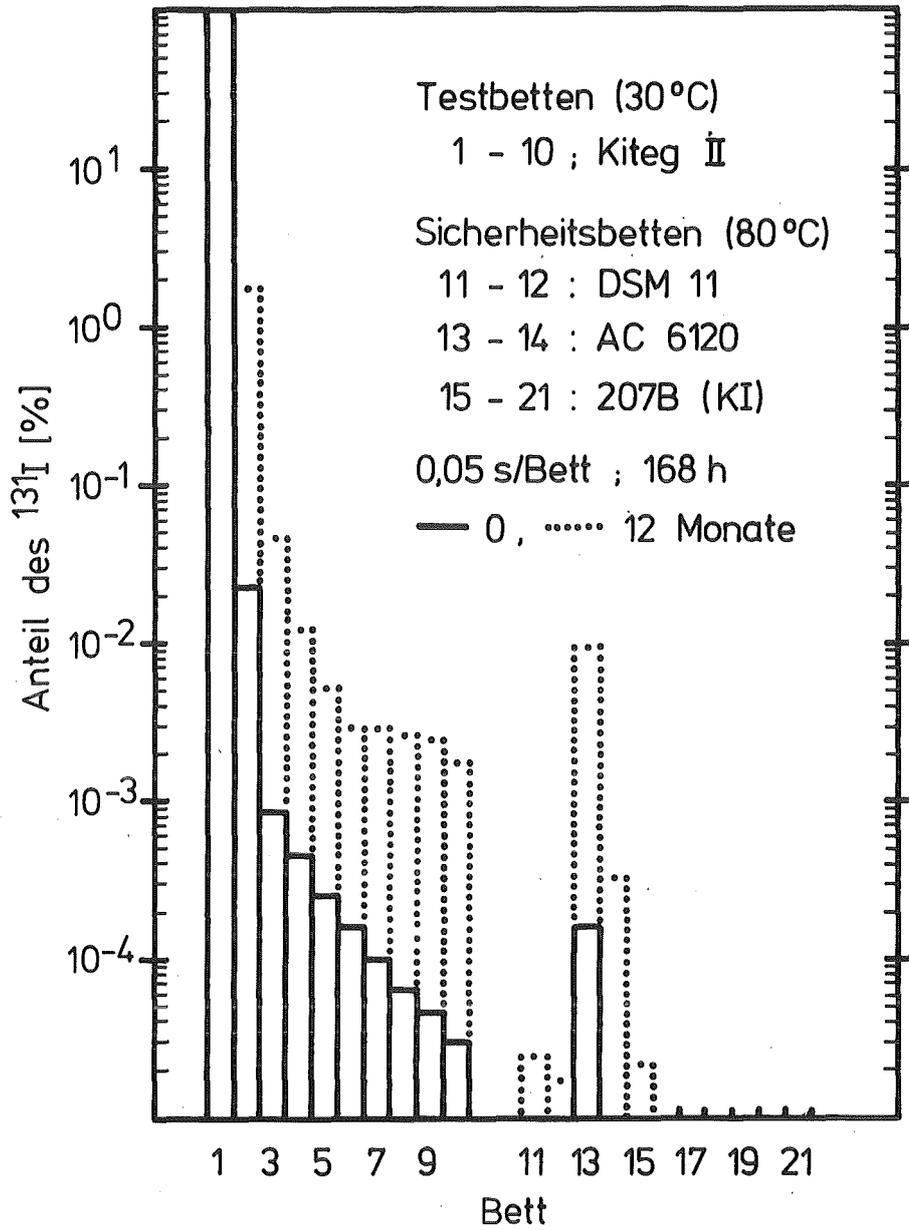
Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

Abb. B-1



Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

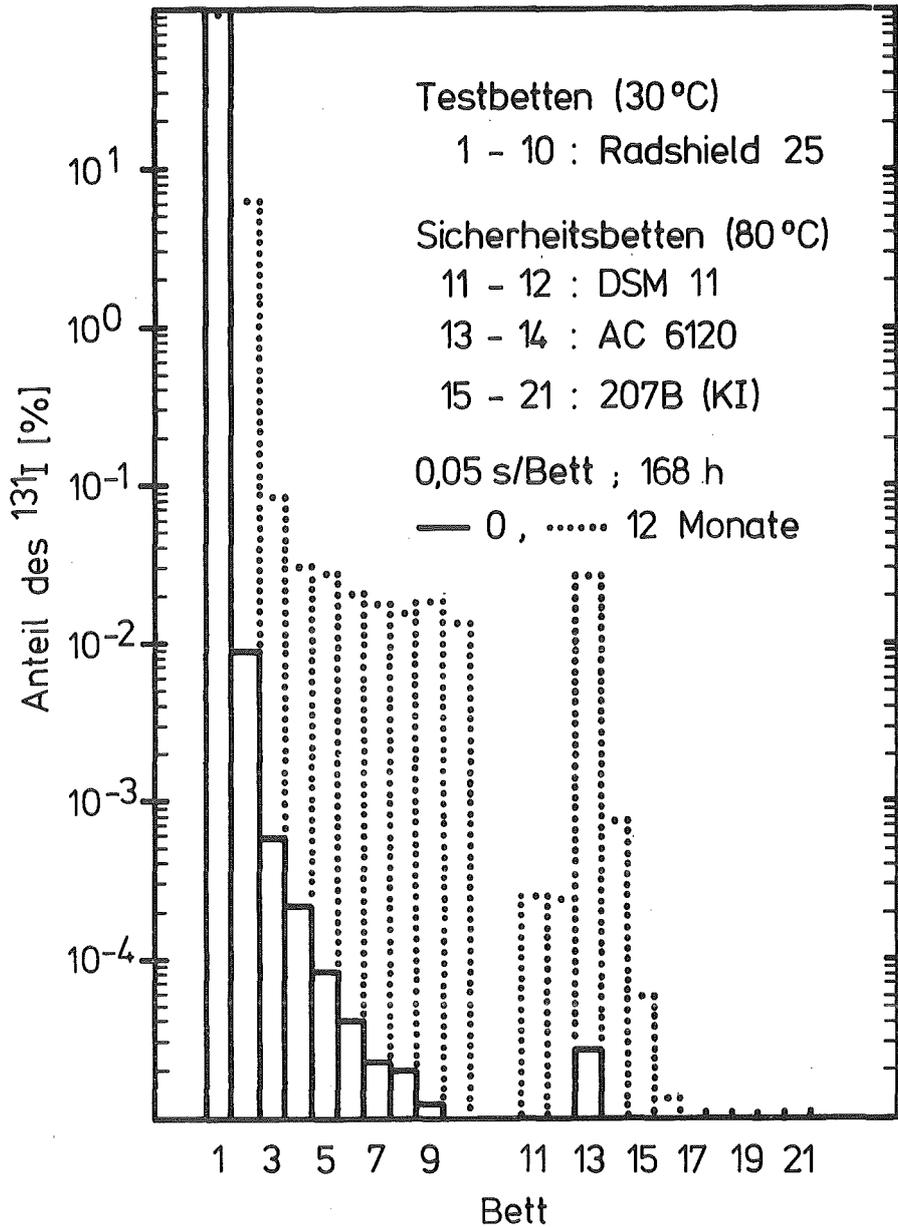
Abb. B-2



**KfK** LAF II D8358

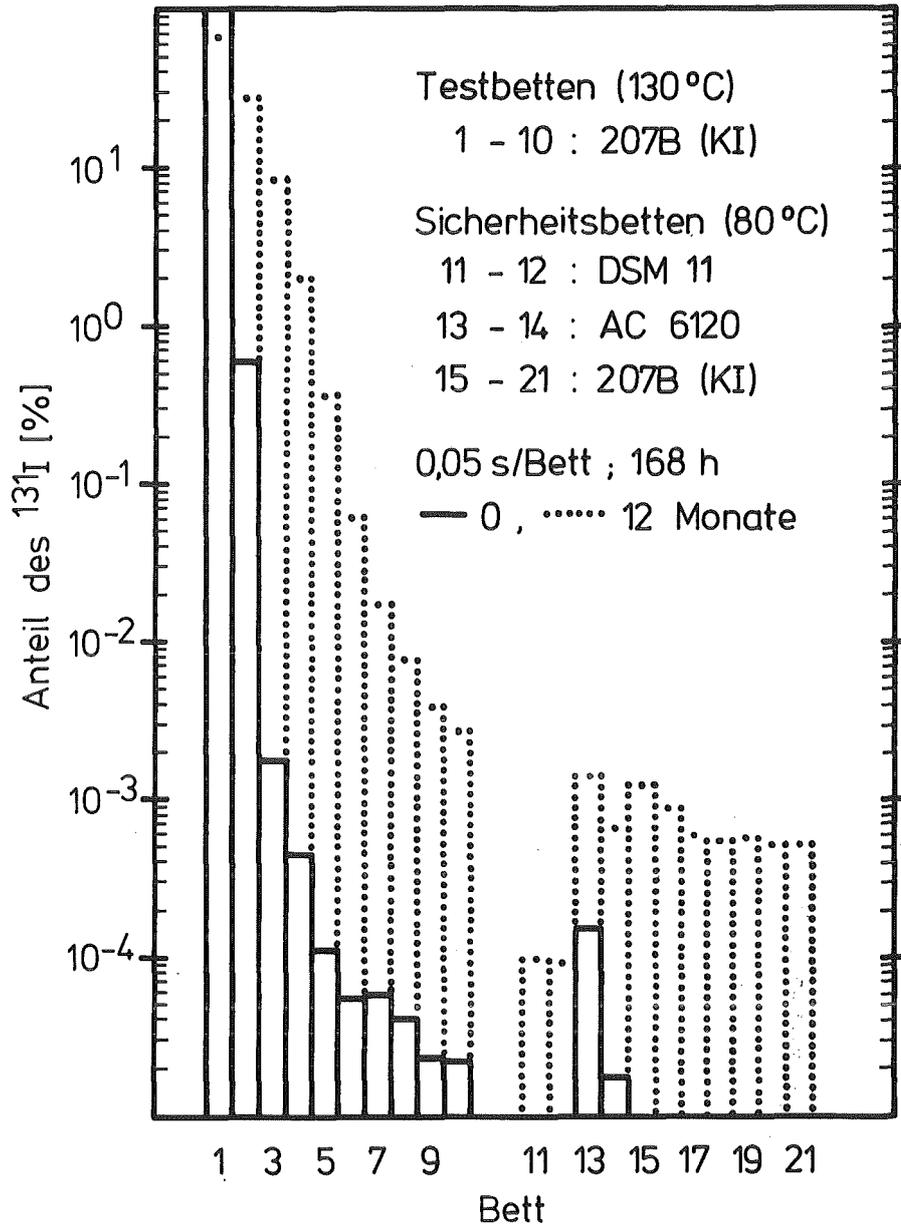
Verteilung des <sup>131</sup>I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten (<sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>)

Abb. B-3



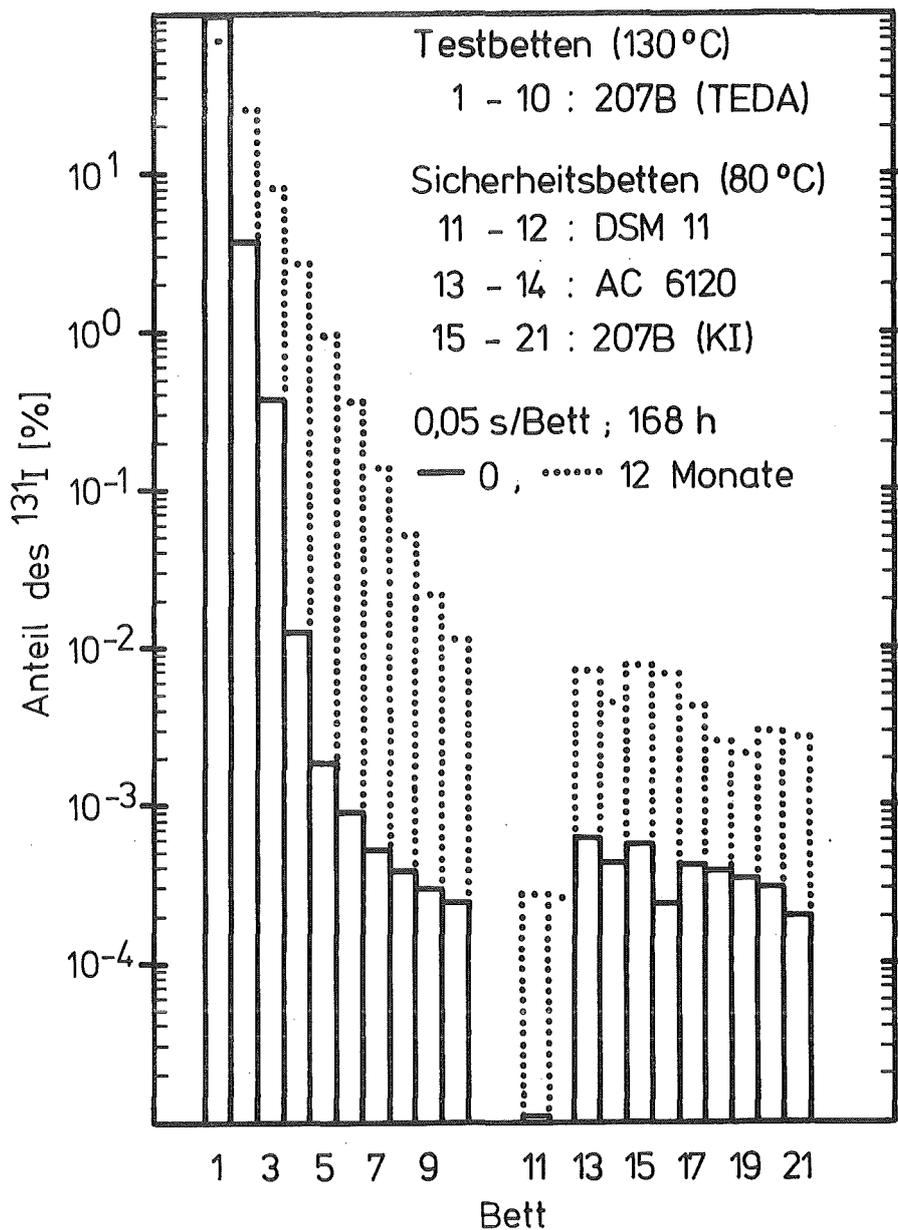
Verteilung des <sup>131</sup>I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten (<sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>)

Abb. B-4



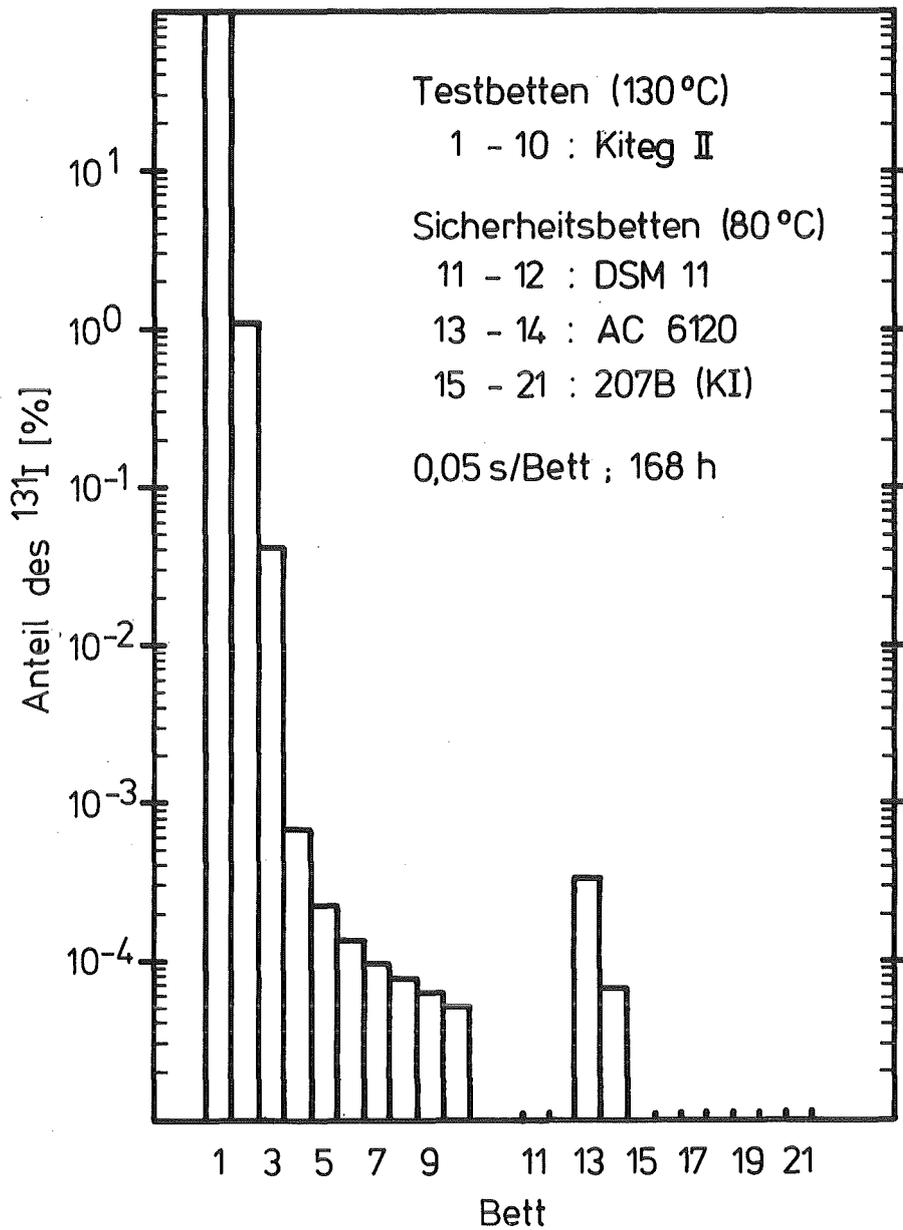
Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

Abb. B-5



Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

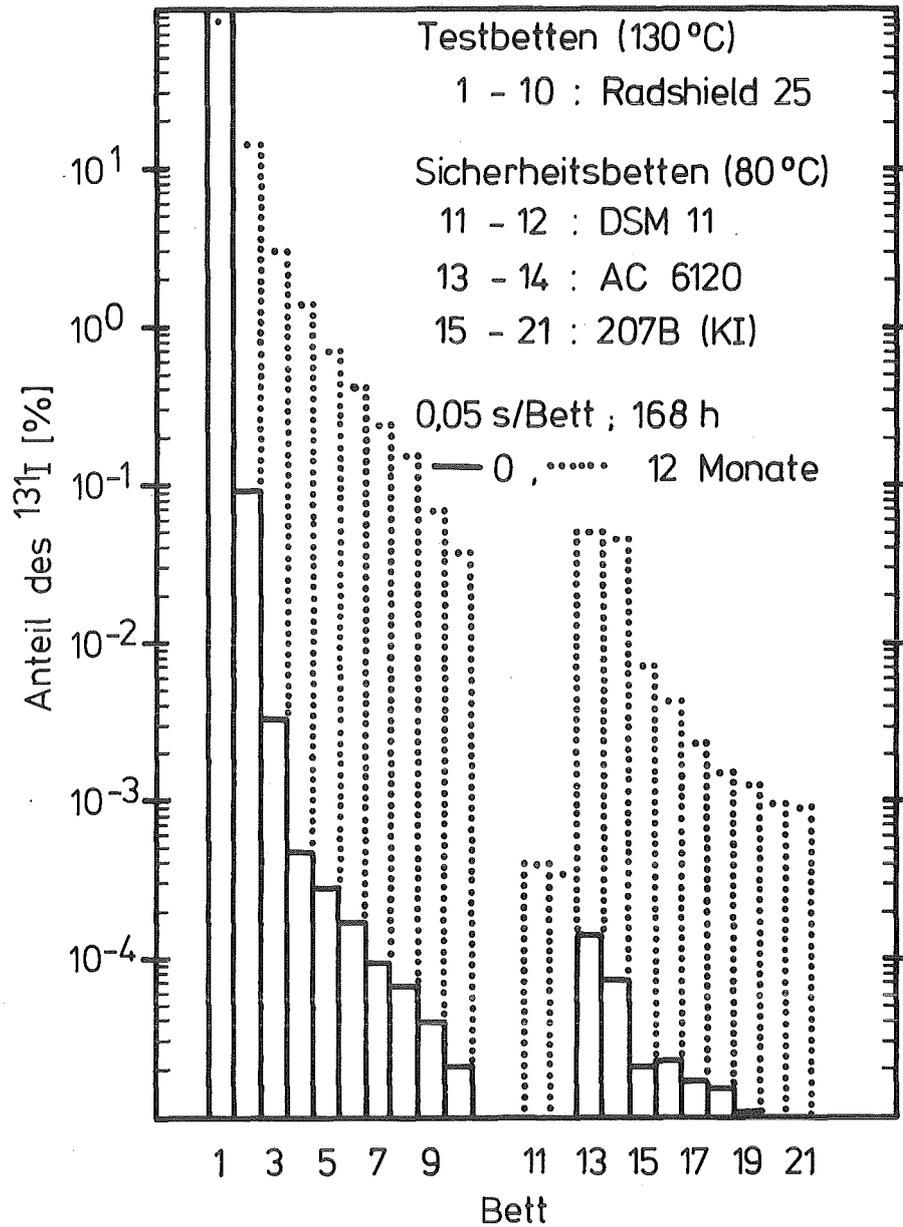
Abb. B-6



KfK LAF II D8362

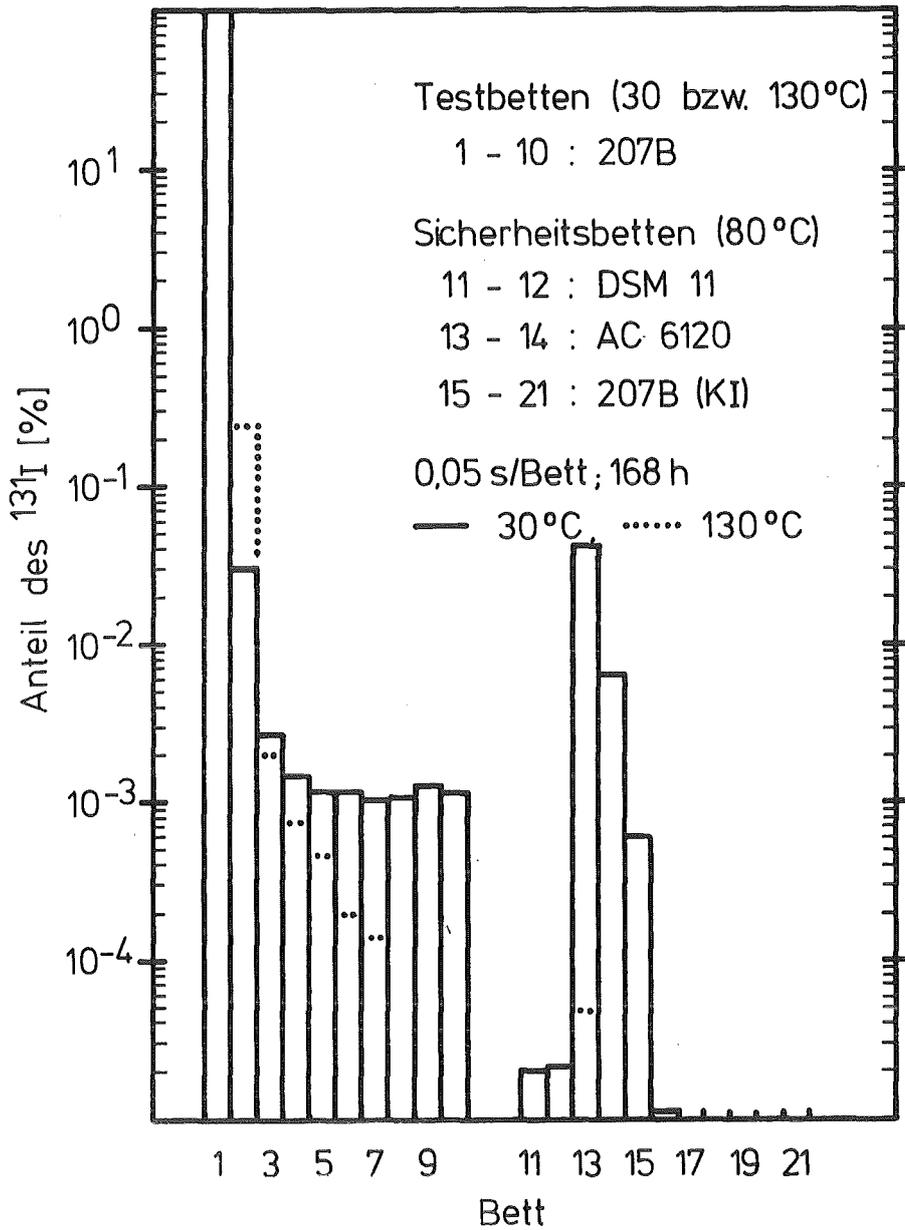
Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten  
(keine Alterung;  $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

Abb. B-7



Verteilung des  $^{131}\text{I}$  auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Alterungszeiten ( $^{131}\text{I}$  als  $\text{I}_2$ )

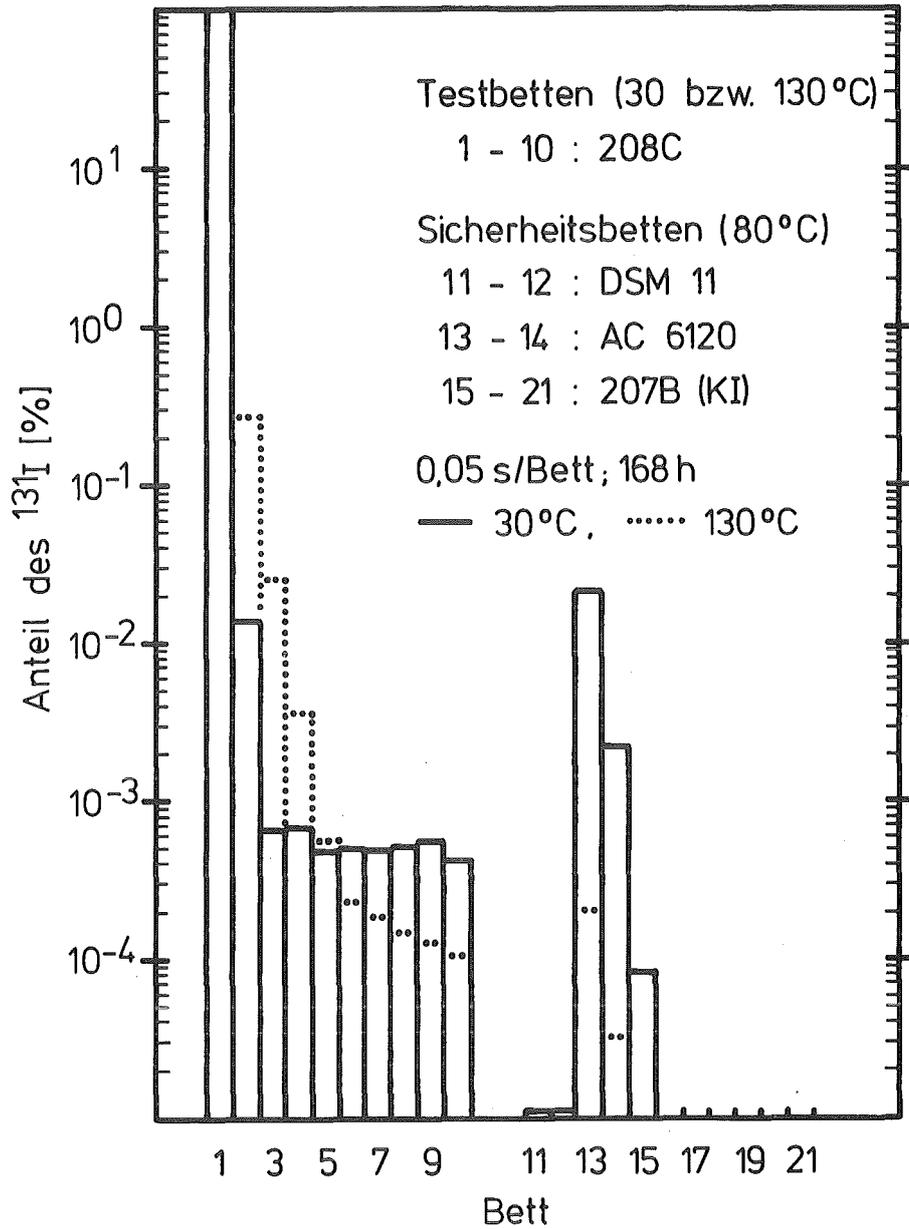
Abb. B-8



KfK LAF II D8368

Verteilung des <sup>131</sup>I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Temperaturen (<sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>)

Abb. B-9



KfK LAF II D8369

Verteilung des <sup>131</sup>I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Temperaturen (<sup>131</sup>I als I<sub>2</sub>)

Abb. B-10